

SUSTANCIAS EXPLOSIVAS.

J. Jorin, Cavada
Cavite Camarero "El Cano"
Octubre 12 - 1885

PRECIOS CON ENCUADERNACIÓN EN TELA.

EN LA PENÍNSULA.	Pesetas 5,00
EN ULTRAMAR.	» 7,50

SUSTANCIAS EXPLOSIVAS,

POR

D. LUIS RIPOLL Y PALOU

COMANDANTE DE ARTILLERÍA DE LA ARMADA,

PROFESOR DE LA ESCUELA DE TORPEDOS.

OBRA DECLARADA DE TEXTO

PARA LA CLASE DE OFICIALES DE DICHA ESCUELA

POR REAL ORDEN DE 24 DE SETIEMBRE DE 1885.



CARTAGENA
IMPRENTA DE J. REQUENA, AIRE, 15.
1886.

2460.214



ESTA OBRA ES PROPIEDAD DE SU AUTOR.

ADVERTENCIA.

Notoria es la importancia que reviste y suma la trascendencia é interés que encierra para el Oficial torpedista el estudio de las sustancias explosivas, pues sin el conocimiento de sus propiedades no es posible determinar *á priori* los efectos de un torpedo, conocer las condiciones especiales de la carga, los cuidados con que hay que proceder, ni el peligro más ó menos grande que envuelve siempre su manejo.

Á facilitar tal estudio tienden estos ligeros apuntes, que nunca pueden tener más mérito que el haber tratado de reunir en compendio lo que hoy día registra la ciencia moderna sobre el particular, esparcido en multitud de publicaciones.

Para proceder con el debido orden y claridad, dividiremos el asunto en capítulos, exponiendo en el primero algunas consideraciones, que por su carácter de generalidad son comunes á todos los cuerpos ex-

plosivos, y en los restantes se estudiarán con separación cada una de dichas sustancias, fijándonos sobre todo en las de uso conveniente para los torpedos.

Para el desarrollo de nuestro trabajo, hemos tenido constantemente á la vista el *Tratado de sustancias explosivas* de Berthelot, las *Memorias* de Sarrau, Noble, Abel y General Abbot, la *Química industrial* de Wagner, y cuantos folletos y apuntes hemos podido recoger.

Si logramos tratar la cuestión del modo que su importancia exige, y alcanzamos difundir con provecho los conocimientos de que queda hecho mérito, habremos conseguido el único objeto que nos hemos propuesto, pues la idea que ha presidido á nuestro insignificante trabajo, no es otra que la manifestada anteriormente y la de facilitar el de los que tengan que hacer uso ó intervenir en el empleo de dichas sustancias.

ERRATAS PRINCIPALES.

PÁGINA.	LINEA.	DICE.	DEBIERA DECIR.
8	27	representan	representa
14	9	aun que	aunque
25	3	343,64	323,64
26	6	los siguientes	lo siguiente
30	última fórmula	$P = \frac{V_0 \cdot 1 + \left(\frac{Q}{273 \cdot c} \right)}{V - v}$	$P = \frac{V_0 \left(1 + \frac{Q}{273 \cdot c} \right)}{V - v}$
48	último número	264	254
61	26	apercibieron	percibieron
81	Presiones desa- rrolladas por el algodón pólvora.	»	falta la llamada (1)
87	10	nítrito	nítrico
88	1	varía	varían
105	18	encontrado	descubierto
132	7	exclusivo	explosivo
132	10	nítritos	nitrilos
132	14	$C^6 H^{10} O^5$	$C^6 H^{10} O^5$
132	17	celusa	celulosa
138	4	$100^{0.3}$	$100^{0.3}$
148	14	4	1
154	1 y 3	comprensible	compresible
158	18	El algodón	El algodón pólvora
168	2	sale	sal
168	14	13106 X Calorias	13106 Calorias
190	2	las obtenidas	los obtenidos
208	24	$\frac{6636(\alpha + E')}{(D + 0,01)^{2,1}} \cdot \frac{2}{3}$	$\left(\frac{6636(\alpha + E')C}{(D + 0,01)^{2,1}} \right) \cdot \frac{2}{3}$

ÍNDICE.

CAPÍTULO I.

	<u>Página.</u>
Explosión y detonación..	2
Modo de provocar la detonación.. . . .	3
Teoría de las vibraciones sincrónicas. . . .	6
Id. de Mr. Berthelot..	9
Detonación por influencia..	14
Caracteres de la onda explosiva.	16
Calor desarrollado.	17
Temperatura.	21
Volumen gaseoso.	22
Presión.	25
Disociación.	33

CAPÍTULO II.

Pólvora de cañón. . . :	37
Pólvora y modo de cebar más conveniente en los torpedos.	44

Presión desarrollada por la pólvora y descomposición de la misma.	47
Determinación directa del volumen gaseoso.	50
Estado de los productos sólidos en el momento de la explosión.	52
Volumen de los productos sólidos.	53
Dilatación de los productos no gaseosos entre cero y la temperatura de explosión.	54
Tensión de la pólvora en vasos cerrados.	55
Presión interior en vasos cerrados, deducida de consideraciones teóricas.	57
Temperatura desarrollada en la explosión de la pólvora.	60
Calor desarrollado por la combustión de la pólvora.	62
Pólvora de nitrato de sodio.	64
Pólvora de clorato de potasio.	66
Pólvoras diversas de nitrato de sodio ó clorato de potasio.	70

CAPÍTULO III.

Fulminatos.	75
Fulminato de mercurio	76
Nitrato de diazobenzol.	82
Picrato de potasio.	86
Picrato de amonio.	89
Cloruro de nitrógeno.	90
Nitroglicerina.	91

XIII

	<u>Página.</u>
Dinamita.	105
Pruebas de la dinamita.	112
Dinamita de base activa.	115
Dualina.	116
Glioxilina.	116
Dinamita de algodón pólvora.	117
Forcita.	117
Gelatina explosiva.	118

CAPÍTULO IV.

Algodón pólvora.	131
Fabricación.	132
Propiedades físicas.	142
Idem químicas.	143
Acción de la luz	145
Idem del calor.	145
Acciones mecánicas.. . . .	148
Detonación.	149
Productos de la descomposición.	154
Pruebas de recibo del algodón pólvora.	158
Algodón pólvora parafinado.	165
Idem idem nitrado.	166
Algodón pólvora mezclado con nitrato de potasio.	167
Idem idem idem con clorato de potasio.	171
Panclastitas.	172

CAPÍTULO V.

Contraste del dinamómetro y tablas de contraste.	175
Modo de colocar los dinamómetros.	182
Establecimiento de la fórmula para mezclas explosivas.	183
Modo más conveniente de provocar la detonación de la carga.	192
Cámara de aire dentro del torpedo.	194
Establecimiento de la fórmula para compuestos explosivos.	194
Discusión de las fórmulas.	207
Cámara de aire dentro del torpedo.	211
Influencia de la clase de materia comprendida entre la carga y el agua.	211
Presión suficiente para destruir un buque de combate.	214
Reglamento para la conservación del algodón pólvora.	217

SUSTANCIAS EXPLOSIVAS.

CAPÍTULO I.

CONSIDERACIONES GENERALES.

1. Toda sustancia capaz de desarrollar gases permanentes ó materias susceptibles de tomar el estado gaseoso en las condiciones de la reacción, puede constituir un cuerpo explosivo; pero en la práctica sólo se utilizan las que pueden experimentar una transformación rápida acompañada de gran desarrollo de calor, provocada exclusivamente por alguna causa externa como elevación de temperatura en un punto determinado, choque, fricción, etc., etc.

Así, puede decirse que sustancia explosiva es aquella, que tiene sus elementos en un estado tal de equilibrio que fácilmente puede destruirse, resultando una nueva agrupación atómica que produce un gran volumen gaseoso y una elevada temperatura.

2. Unas veces la sustancia está constituida por la mezcla de diversos cuerpos capaces de producir la explosión por sus acciones recíprocas, como la pólvora ordinaria. En este

caso se ponen simplemente en presencia en estado de mezcla tan íntima como sea posible, cuerpos combustibles azufre y carbón y un cuerpo comburente, el nitrato ó clorato de potasio. Otras veces, se produce la explosión, por la transformación de un principio único y definido que contiene generalmente elementos comburentes y combustibles en el seno de la molécula y es por consiguiente susceptible de poder desarrollar una acción más enérgica y más rápida que la que resulta de una simple mezcla. Este principio es de ordinario un cuerpo que proviene de la acción del ácido nítrico, sobre una sustancia orgánica, como el algodón pólvora, nitroglicerina, ácido pícrico y sus derivados. También se emplean otros más complejos como el fulminato de mercurio y aun otros que están desprovistos de oxígeno como el diazobenzol.

3. Hemos dicho que en una sustancia explosiva los elementos están en un estado tal de equilibrio que fácilmente puede destruirse. Esta destrucción puede ser casi instantánea ó progresiva, en el primer caso se produce una explosión de primer orden ó detonación, y en el segundo una explosión de segundo orden ó simplemente explosión.

4. La diferencia que hay entre la explosión y la detonación es la rapidez con que se efectúa la descomposición de la sustancia, de modo que todas las causas que tiendan á disminuir el tiempo de la reacción, tenderán también á cambiar la explosión en detonación. El tiempo que requiere una carga de pólvora al aire libre para efectuar su combustión, es muy superior al que necesita la misma carga encerrada en una envuelta resistente. En el primer caso el aire permite á los primeros gases formados dilatarse casi libremente y no reaccionan por consiguiente sobre el resto de la carga; en el segundo ya no es posible dicha dilatación; reaccionan fuertemente sobre ella y aceleran la combustión. La colocación de

la sustancia en una envuelta resistente, podrá, sino cambiar la explosión en detonación, al menos hacer que se aproxime á ella; pero no es por este medio como se obtiene la detonación de las sustancias explosivas. Para dar una idea clara, de como se efectúa este fenómeno, estractaremos algunos párrafos de una memoria de Mr. Abel, sobre este asunto.

«Cuando no se conocía otro medio de iniciar la explosión que la aplicación del calor, era preciso que la envuelta tuviese mucha resistencia para que aquella fuese completa; sin embargo los resultados eran mucho menos violentos y seguros que los que se obtienen sin envuelta alguna, sometiendo una porción de la masa á la concusión producida por una detonación violenta, como la que produce una pequeña cantidad de fulminato de mercurio fuertemente encerrada.

»La facultad de detonar, en vez de hacer simplemente explosión bajo la acción de una detonación inicial, la poseen todos los compuestos y mezclas explosivas, aunque en muy diferente grado.

»La detonación de la nitro-glicerina y de otros cuerpos bajo la acción de una detonación iniciadora, no debe atribuirse sólo á la acción directa del calor desarrollado en el cambio químico que sufre la carga detonadora, sino á la acción mecánica de la fuerza que desarrollada de un modo brusco, obra repentinamente sobre una parte de la masa con que se opera. Puede decirse en general que la mayor ó menor facilidad con que la detonación de una sustancia provoca la de otra, depende de la mayor ó menor cantidad de fuerza desarrollada en el menor espacio de tiempo por dicha detonación, pudiendo compararse el modo como aquella obra, al golpe de un martillo ó al choque de un proyectil.

»Así, las sustancias explosivas de explosión menos repentina y por consiguiente de menor violencia momentánea que el fulminato de mercurio, no pueden usarse con espe-

ranza de éxito para producir la detonación del algodón pólvora, aunque se empleen cantidades relativamente considerables.

»Desarrollada la detonación en una parte de la masa se trasmite á toda ella, sea cualquiera la cantidad, con una velocidad casi instantánea, aun cuando la sustancia esté al aire libre y estendida en regueros largos.

»En regueros de treinta á cuarenta piés (9'14 y 12'19 mts.) de largo, formados de algodón pólvora ó dinamita, la velocidad con que se propaga la detonación, es de 17.000 á 24.000 piés (5181,5—7315 metros) por segundo. Cuando los regueros están formados de masas distintas de las mismas sustancias, separadas, $\frac{1}{2}$ pulgada (12'7 mjm) unas de otras, la velocidad aunque menor, es todavía muy grande.

»La magnitud que pueden tener las soluciones de continuidad depende naturalmente de la de las masas. Siempre es pequeña cuando se opera con cantidades moderadas. Una separación de 2 pulgadas (51 mjm) es suficiente para impedir que la detonación de 8 onzas (227 gramos) de algodón pólvora al aire libre, se comuniqué á las inmediatas. Si se impide de algún modo la dispersión de la fuerza, y se dá dirección á los gases que salen proyectados violentamente del centro de detonación, se aumenta de un modo notable la distancia á que se comunica á otras masas.

»Entre los resultados interesantes obtenidos del estudio de las distintas condiciones que regulan la trasmisión de la detonación, se observa una notable falta de reciprocidad entre el fulminato de mercurio y el algodón pólvora. La cantidad de fulminato requerida para producir la detonación del algodón pólvora, depende del grado de brusquedad que llegue á tener su propia detonación, efecto de la resistencia de la envuelta en que esté encerrado. Si el fulminato está contenido en un tubo de madera de paredes delgadas ó en un car-

tucho de papel, se necesitan de 20 á 30 granos (1'30 g. 1'95 g.), mientras que bastan 5 granos (0'32 g.) en una envuelta de un metal fuerte, para producir la detonación del algodón pólvora comprimido, siempre que la espoleta esté perfectamente en contacto con él. Si no hay contacto inmediato, la cantidad de fulminato necesaria aumenta considerablemente.

» Si se emplea el algodón pólvora para producir la detonación (1) del fulminato de mercurio, es suficiente emplear cantidades de algodón pólvora muy inferiores á las indispensables de fulminato, para provocar la detonación de aquél.

» Además de esta falta de reciprocidad entre ambos agentes detonantes, podemos citar otra más notable. La detonación de $\frac{1}{4}$ de onza (7 g.) de algodón pólvora, produjo la detonación simultánea de nitro-glicerina encerrada en un recipiente de hoja de lata y colocada á 1 pulgada (25'4 m|m) del algodón pólvora. El mismo efecto se obtuvo con $\frac{1}{2}$ de onza (14 g.) y tres pulgadas (76 m|m) de distancia entre ambas sustancias.

» Al tratar de aplicar la nitro-glicerina á la detonación del algodón pólvora, la cantidad de la primera, aunque puesta en contacto inmediato con el algodón pólvora comprimido, tuvo que aumentarse gradualmente, desde $\frac{3}{4}$ de onza (21 g.) hasta 2 onzas (56 g.) sin conseguir que el último detonara.

» El único efecto obtenido en los numerosos experimentos esceptuando un solo caso, fué la dispersión del algodón pólvora en estado de subdivisión.

» Con el algodón pólvora se observan efectos muy notables. El fulminato de plata mucho más enérgico que el de

(1) El tiempo que requiere el fulminato de mercurio para su descomposición es tan corto, que de cualquier modo que se provoque, se obtiene la detonación.

mercurio, no es sin embargo superior á él considerado como agente detonador, al contrario, es preciso, al parecer, emplear una cantidad mayor para conseguir la explosión de primer orden del algodón pólvora.

»El yoduro y cloruro de nitrógeno son mucho más susceptibles de detonar que el fulminato de mercurio, y sin embargo bastan 5 granos (0'32 g.) de este en una envuelta metálica resistente para hacer detonar al algodón pólvora, mientras que 50 granos (3'25 g.) de cloruro bajo agua, es al parecer, la cantidad mínima con que puede obtenerse con seguridad el mismo resultado. Con el yoduro la diferencia es aun mayor, pues ni con 100 granos (6'5 g.) encerrados en envueltas de suficiente resistencia, puede obtenerse la detonación del algodón pólvora.»

5. Estos resultados hicieron sentar á Mr. Abel la teoría de las vibraciones sincrónicas, que consiste en suponer que la causa determinante de la detonación de un cuerpo explosivo, reside en el sincronismo entre las vibraciones producidas por el cuerpo que provoca la detonación y las que puede producir el que ha de detonar; del mismo modo que una cuerda de un instrumento de música resuena al unísono de otra puesta en vibración.

6. Esta teoría parece confirmada por las experiencias de MM. Champion y Pellet. Colocaron yoduro de nitrógeno húmedo sobre las cuerdas de un contrabajo y hallaron que para producir la detonación era preciso dar á aquellas una tensión tal, que diesen al menos 60 vibraciones por segundo. En uno de los focos de dos espejos parabólicos conjugados distantes uno de otro 2,^m 5 y en la línea de aquellos, colocaron varias gotas de nitroglicerina ó de yoduro de nitrógeno; hicieron detonar una gota colocada en el otro foco y observaron, que sólo la que se hallaba en el conjugado hizo explosión. La superficie de los espejos estaba cubierta de negro-

humo, con objeto de impedir la reflexión y concentración de los rayos caloríficos.

En otra experiencia se sirvieron del aparato de llamas sensibles de Helmholtz, que se compone de una serie de copas cerradas con membranas, susceptibles de producir un sonido determinado y por consiguiente de resonar al unísono de las vibraciones que se producen en sus inmediaciones. Una corriente de un gas combustible atraviesa cada copa y sale de ella por un pequeño mechero colocado en la parte superior.

Cuando se toca una pieza de música á pequeña distancia del aparato, las membranas de las copas que pueden producir las diversas notas emitidas, entran en vibración y cada llama experimenta oscilaciones correspondientes.

Este juego de llamas es tanto más pronunciado cuanto las notas correspondientes se hayan emitido con más intensidad; de modo que si la distancia á que se producen las notas, aumenta, el juego de las llamas disminuye en todas partes á la vez y si aumenta más, sólo quedan oscilando las llamas correspondientes á las notas de intensidad predominante.

MM. Champion y Pellet, reemplazaron el instrumento de música por un explosivo y probaron

1.º Que cada explosivo produce vibraciones que le son propias.

2.º Que algunas de estas vibraciones tienen una intensidad predominante, puesto que las llamas correspondientes á las copas que las producen, oscilan relativamente más que las otras, á medida que el centro de explosión está más lejos del aparato.

3.º Con cada explosivo se puede hacer oscilar la escala entera de llamas aumentando suficientemente las cargas.

4.º Con el yoduro de nitrógeno, los sonidos predominantes son agudos y con el fulminato de mercurio, nitroglicerina y algodón pólvora corresponden á toda la escala.

7. Mr. Berthelot, contrario á la teoría de las vibraciones, la combate con los siguientes argumentos.

Jamás se ha fijado de un modo concreto la nota musical capaz de determinar la explosión de cada cuerpo, ésta se produce con preferencia, cualquiera que sea el explosivo, por las notas más agudas y deja de producirse por notas inferiores á otra determinada.

Además, dichos efectos cesan de producirse á distancias incomparablemente menores que la resonancia de las cuerdas al unísono, lo que prueba que las detonaciones son más bien funciones de la acción mecánica que del carácter de la vibración determinante. La detonación cesa igualmente de producirse, cuando el peso del detonador es demasiado pequeño, y la nota vibratoria que debiera determinar la detonación, debiera ser siempre la misma. Por ejemplo, los cartuchos de dinamita normal cesan de detonar cuando la cápsula contiene un peso de fulminato de mercurio inferior á 0,2, estando sólo asegurada la detonación cuando aquella encierra 1.^g Esto confirma la existencia de una relación directa entre el carácter de la detonación y la intensidad del choque producido por un solo y mismo detonador.

Si fuese verdad que el algodón pólvora hace detonar á la nitroglicerina en razón del sincronismo de la vibración comunicada, no se comprende la razón porqué no se verifica la acción recíproca, mientras que la ausencia de reciprocidad, se explica fácilmente por la diferencia de estructura de dos sustancias, que representan un papel importante en la transformación de la fuerza viva en calor.

Todos los hechos observados por M. Abel, pueden explicarse por esta diversidad de estructura y por las modificaciones que produce á la trasmisión de los choques y á la transformación de la energía mecánica en energía calorífica.

Los efectos producidos con el yoduro de nitrógeno se ex-

plican por la vibración de los soportes y por los efectos de frotamiento que resultan de ella, siendo esta sustancia eminentemente sensible á los efectos de la fricción.

La experiencia de los espejos conjugados, se explica también fácilmente por la concentración en el foco de los movimientos del aire y por consiguiente de los efectos mecánicos que resultan de ella.

El hecho de que el yoduro y cloruro de nitrógeno son menos apropiados que el fulminato de mercurio para provocar la detonación del algodón pólvora, proviene de las presiones que desarrollan al detonar en su propio volumen, presiones que á consecuencia de la gran densidad del fulminato, son superiores con éste que con los primeros.

8. M. Berthelot, como se deduce de lo que antecede, cree que la detonación de los cuerpos explosivos por medio de una detonación inicial, puede explicarse por un análisis conveniente de los fenómenos de choque, fenómenos que á su vez explicarían los diferentes valores que puede tener la explosión de una misma sustancia.

Sea el caso más sencillo, dice, el de una detonación determinada por la caída de un peso de cierta altura. A primera vista parece que deben atribuirse los efectos, al calor desprendido por la compresión debida al choque del cuerpo bruscamente parado, pero del cálculo resulta que la detención de un peso de algunos kilogramos caído desde 0'25 m. ó de 0'50 m. de altura, sólo puede elevar una fracción de grado la temperatura de la masa explosiva, si el calor resultante se reparte uniformemente en la masa entera; ésta, pues, no podrá alcanzar una temperatura elevada, la de 190 ó 200°, temperatura á la que parece que es necesario elevar súbitamente toda la masa de nitroglicerina para provocar la explosión; pero si admitimos que las presiones que resultan del choque ejercido en la superficie de la nitroglicerina son

demasiado súbitas para repartirse uniformemente en toda la masa, la transformación de la fuerza viva en calor tendrá lugar sobre todo en las primeras capas impresionadas por el choque, éstas podrán alcanzar repentinamente la temperatura de 1900 y se descompondrán instantáneamente produciendo gran cantidad de gases. La producción de éstos es á su vez tan brusca, que el cuerpo que ha chocado no tiene tiempo de moverse y la dilatación repentina de aquellos produce un nuevo choque más violento que el primero sobre las capas situadas por debajo. La fuerza viva de este nuevo choque se transforma en calor y determina la explosión de las capas que ha alcanzado. Esta alternativa entre un choque que desarrolla una fuerza viva, que se transforma en calor y eleva la temperatura de las capas impresionadas hasta producir su explosión que á su vez produce un nuevo choque y explosión de las capas siguientes, se propaga de capa en capa hasta alcanzar la última de la masa. La propagación de la deflagación se verifica produciendo una verdadera onda explosiva, que camina con una velocidad incomparablemente mayor que la de una simple inflamación, provocada por el contacto de un cuerpo en ignición y operada en condiciones en que los gases se dilatan libremente á medida que se producen.

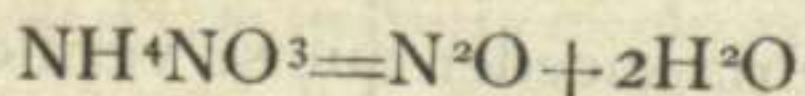
La reacción provocada por un primer choque en una materia explosiva, se propaga con una velocidad que depende de la intensidad del primer choque, puesto que la fuerza viva de éste transformada en calor, determina la intensidad de la primera explosión y por consiguiente la de la serie entera. Resulta de esto que la explosión de una masa sólida ó líquida puede efectuarse según una infinidad de leyes diferentes, determinada cada una, á igualdad de circunstancias, por la impulsión inicial. Cuanto más violenta sea ésta, más brusca será la descomposición que provoca, y las presiones desarrolladas durante el curso entero de ésta serán más conside-

rables. Una sola y misma sustancia explosiva podrá dar lugar á efectos muy diversos según el procedimiento de inflamación.

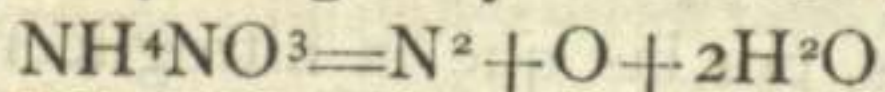
Además, un mismo cuerpo puede experimentar diferentes descomposiciones según la temperatura inicial y velocidad con que aquella se eleva. El nitrato de amonio, por ejemplo, sufre por la influencia del calor, siete descomposiciones distintas.

1.^a Descomposición parcial del nitrato de amonio fundido ó gaseoso en ácido nítrico gaseoso y amoniaco, que se produce al parecer antes que toda otra y á la temperatura más baja. Se verifica con absorción de 41'3 Calorias.

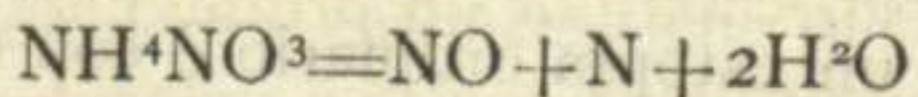
2.^a Descomposición de la misma sal en óxido nitroso y vapor de agua, que se verifica á una temperatura más alta. Desarrolla 10'2 Calorias.



3.^a Bajo la influencia de una elevación brusca de temperatura, aparecen descomposiciones explosivas. Una de ellas engendra nitrógeno y oxígeno y desarrolla 30'7 Calorias.

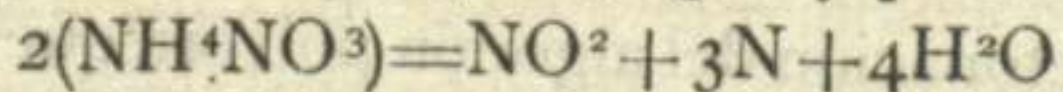


4.^a Se observa otra descomposición en que se forma nitrógeno y óxido nítrico



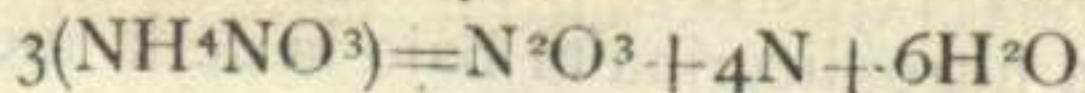
que desprende, supuesta la sal sólida y el agua gaseosa, 9.200 Calorias.

5.^a Otra descomposición puede experimentar la misma sal en que se produce nitrógeno, agua y peróxido nítrico.



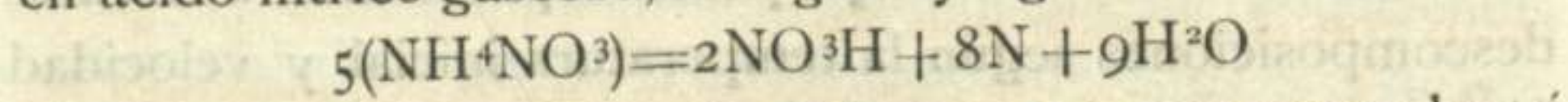
Esta reacción desarrolla 59'0 Calorias ó sean 29'5 por un peso en gramos proporcional á una molécula.

6.^a Se concibe todavía la trasformación del nitrato de amonio en nitrógeno, agua y anhídrido nitroso



que desarrolla 69'9 Calorias ó 23'3 por un peso en gramos proporcional á una molécula.

7.^a En fin, el nitrato de amonio puede descomponerse en ácido nítrico gaseoso, nitrógeno y agua



reacción que desarrolla 167 Calorias, que corresponden á 33,4 por un peso en gramos proporcional á una molécula.

Entre estas descomposiciones, las que desarrollan más calor son evidentemente, las que dan lugar á efectos explosivos más violentos; estas descomposiciones, no se producen en general á baja temperatura, por consiguiente si el cuerpo explosivo sólo recibe en un tiempo dado una cantidad de calor insuficiente para elevar la temperatura hasta el grado que corresponde á la reacción más violenta, experimentará una descomposición que desprenderá una cantidad inferior y aun podría suceder que se verifique con absorción de calor, podrá descomponerse totalmente sin desarrollar los efectos explosivos.

Tales son las causas, continúa Berthelot, unas químicas y otras mecánicas, por las que la nitroglicerina y el algodón pólvora comprimido, producen cada cual efectos tan diferentes, según se les inflame con un cuerpo en ignición débil, con llama, con un estopín ordinario ó con una espoleta detonante de fulminato de mercurio.

El algodón pólvora comprimido es menos compacto que la nitroglicerina. La existencia de intersticios, disminuye las presiones debidas al choque; por esta causa es más difícil de producir la detonación del algodón pólvora que la de la nitroglicerina. Ésta detona por la caída de un peso desde una pequeña altura, por el empleo de un cebo cargado de algodón pólvora, ó de una mezcla de fulminato y clorato de potasio, etc., mientras que el algodón pólvora no detona bajo la influencia de la nitroglicerina ni bajo la de la mezcla de fulmi-

nato y clorato de potasio, exige el choque más enérgico del fulminato de mercurio puro. Éste es menos eficaz si se emplea al descubierto, que si se usa encerrado en una envuelta de hoja de lata, es también menos eficaz si no está en contacto con el algodón pólvora.

9. Los efectos que se obtienen cuando la sustancia hace explosión, son muy diferentes de los que produce la detonación de la misma. En el primer caso, el volumen gaseoso y la temperatura van subiendo gradualmente y la presión que depende de estos dos factores, no llega á su máximo hasta despues de un intervalo de tiempo más ó menos largo; en el segundo: volumen gaseoso, temperatura y máxima presión se producen casi súbitamente.

La duración más ó menos grande de una reacción no influye en la cantidad de calor que desprende la trasformación total de un peso dado de materia explosiva; pero si los gases formados se dilatan á medida que se forman, á consecuencia del cambio de capacidad que produce el desplazamiento del proyectil ó por el enfriamiento debido al contacto con las paredes, las presiones iniciales serán tanto menores, cuanto mayor sea el tiempo de trasformación; si ésta es muy rápida y se opera en vasos cerrados, las presiones pueden alcanzar los límites teóricos y entonces tiene que ser enorme la resistencia de la envuelta para poder contener los gases de la explosión. Dichas presiones pueden obtenerse, no sólo cuando el cuerpo explosivo está colocado en una capacidad fija y resistente, sino cuando esté contenido en una envuelta delgada, ó bajo una capa de agua y aun al aire libre. En efecto, cuando la duración de las reacciones decrece extraordinariamente, los gases desprendidos desarrollan presiones que aumentan con tal rapidez, que los cuerpos que rodean la sustancia, sólidos, líquidos y aun gaseosos, no tienen tiempo de ponerse en movimiento, obedeciendo gradualmente á dichas

presiones, y oponen á la dilatación de los gases resistencias comparables á la de una pared fija. Una capa de agua de muy pequeño espesor sobre la superficie del cloruro de nitrógeno, basta para producir estos efectos. A medida que la reacción tiende más y más á ser instantánea, mayor es la presión inicial, aun en vasos abiertos.

DETONACIÓN POR INFLUENCIA.

10. Hemos dicho (pág. 4) que desarrollada la detonación en una parte de la masa, se trasmite á toda ella aun que presente soluciones de continuidad, de modo que dicha propagación se verifica por medio del aire ó de cuerpos que no intervienen en el cambio químico.

Esta clase de detonaciones, es decir, la que se produce en un cuerpo por la de otro colocado en sus inmediaciones, es lo que se llama detonación por influencia.

11. La distancia á que la detonación se propaga, depende de la magnitud de las masas, de la naturaleza de los cartuchos y de la sustancia sobre que están colocados.

Para la dinamita al 75 por 100 en cajas metálicas puestas en el suelo se ha encontrado $D=0,9C$ siendo D distancia en metros y C la carga en kilogramos. Colocadas sobre carriles se halló $D=7.C$.

12. Propagada la detonación, puede ir disminuyendo en intensidad de un cartucho á otro. Según las esperiencias del capitán Müntz, una carga de dinamita produjo en el suelo por detonación directa, una escavación de 0.^m 30 de radio y otra que detonó por influencia solo le produjo de 0.^m 22.

En otras esperiencias se tomaron cuatro pantallas de hoja de lata, se fijaron sobre una plancha á una distancia una de otra de 0.^m 04. En contacto con cada una de ellas se colocó

un pequeño cilindro de algodón pólvora. A 0,^m 015 de la primera pantalla se hizo detonar un cilindro análogo. Todos los cilindros detonaron á la vez, observándose una disminución progresiva en las impresiones producidas sobre la plancha en que estaba colocado cada cilindro.

13. Se ha comprobado que estos efectos no son debidos á simples proyecciones de los fragmentos de la envuelta ó de las materias próximas. El verdadero carácter de los efectos producidos, resulta de las esperiencias bajo del agua: á la profundidad de 1,^m 30 una carga de dinamita de 5^{kg} produce la detonación de otra carga situada á 3^m de la primera. La explosión de un torpedo cargado de algodón pólvora produce la detonación simultánea de otro colocado á cierta distancia.

Las presiones trasmitidas por el agua se han medido con auxilio de dinamómetros y como era de esperar, van decreciendo á medida que la distancia aumenta.

14. Resulta de estos hechos, que las explosiones por influencia son debidas á la trasmisión de un choque producido por las presiones súbitas y enormes, desarrolladas por la sustancia explosiva. En el número 8 dijimos que un choque semejante producido sobre un explosivo, determina la detonación de la primera capa impresionada, que los gases producidos, chocan á su vez violentamente sobre la segunda, y que la fuerza viva de este choque, trasformado en calor, produce su detonación la que á su vez origina la de la tercera y así sucesivamente. La sustancia sobre que está colocado el explosivo recibe por último el intenso y casi instantaneo choque de los gases, que se trasmite en todos sentidos, produciendo oscilaciones ondulatorias cuya amplitud depende de la impulsión inicial. La propagación del movimiento en la materia se verifica bajo la forma de una onda de un orden puramente físico diferente de la que ha originado la detona-

ción de la sustancia; ésta se propaga con intensidad constante y la de la primera decrece desde el centro explosivo, en razón inversa del cuadrado de la distancia. Los movimientos oscilatorios, marchan con enorme velocidad y regularmente hasta los puntos en que se interrumpe el medio en que se propagan, en ellos cambian de naturaleza y se trasforman en movimiento de impulsión, es decir de choque, que puede producir la detonación de una nueva masa de explosivo. El choque será menor á medida que sea mayor la distancia y de aquí la posibilidad de dos detonaciones de distinto orden.

15 Las detonaciones por influencia pueden explicarse también por la teoría de M. Abel, de las vibraciones sincrónicas.

CARACTERES DE LA ONDA EXPLOSIVA.

16. Hemos hablado (pág. 10) de la onda explosiva que propaga la detonación en el seno de una sustancia. Esta onda estudiada por MM. Berthelot y Vieille en cuerpos gaseosos, presenta los caracteres generales siguientes:

- 1.º La propagación es uniforme.
- 2.º La velocidad depende esencialmente de la naturaleza de la mezcla explosiva y no de la materia del tubo que la contiene (plomo y goma elástica.)
- 3.º El diámetro del tubo no tiene influencia sensible en la velocidad de la onda, por ejemplo, cuando se pasa de un diámetro de 5 mjm á un diámetro triple 15 mjm. Sin embargo en un tubo capilar la velocidad disminuye.
- 4.º La velocidad de la onda es independiente de la presión.
- 5.º La relación teórica que existe entre la velocidad de la onda explosiva y la naturaleza química del gas que la tras-

mite, es más difícil de establecer. La velocidad depende de la temperatura y ésta es diferente en la combustión de dos mezclas ó de dos cuerpos distintos. La experiencia demostró que podía admitirse como suficientemente aproximada la fórmula

$$V=29,354\sqrt{\frac{T}{d}}$$

en la que V representa la velocidad de la onda T la temperatura absoluta y d la densidad del gas referida al aire.

CALOR DESARROLLADO.

17. Por regla general, en la formación de la mayor parte de los cuerpos hay desprendimiento de calor, y descenso de temperatura en la descomposición de los mismos. En las sustancias explosivas sucede lo contrario; su descomposición va siempre acompañada de una elevación enorme de temperatura. Es fácil comprender la razón. El choque, la fricción y la elevación de temperatura, destruyen el equilibrio atómico de la sustancia; en esta primera fase del fenómeno hay absorción de una cantidad de calor igual á la que desprendió la sustancia para su formación; pero enseguida resulta una nueva disposición de los átomos que da origen á cuerpos nuevos; esta formación va acompañada del consiguiente desprendimiento de calor que es siempre muy superior á la absorbida en la primera fase. El calor resultante es pues, la diferencia entre el calor desprendido en la formación de los productos de la reacción y el de la formación de la sustancia en su estado inicial, igual al absorbido en la descomposición de la misma.

Dicho calor podrá calcularse siempre que se conozca:

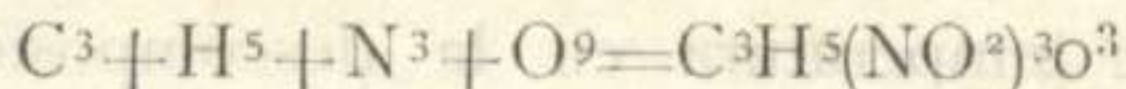
1.º La composición química de la sustancia y la composición final de los productos de la combustión.

2.º Las cantidades de calor absorbidas ó desprendidas en la formación de los compuestos, que constituyen los estados inicial y final de la reacción.

Este medio de encontrar el calor de combustión, es debido á Berthelot, que ha conseguido, introduciendo los resultados calorimétricos de varios experimentadores y sin recurrir á nuevas determinaciones experimentales, explicar de una manera racional, y por lo general conforme con la experiencia, las propiedades características de las sustancias explosivas.

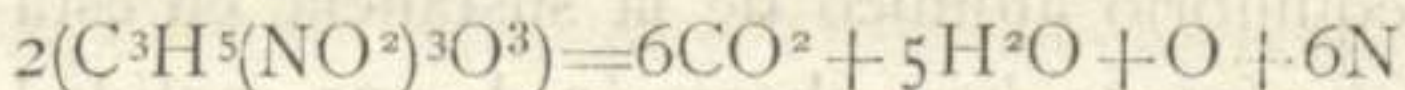
Sea por ejemplo el calor desprendido por la detonación de la nitroglicerina, verificada bajo presión constante.

El calor desprendido por la reunión de los elementos de la nitroglicerina.



es de 98,0 Calorías.

La detonación de la misma sustancia produce anhídrido carbónico, agua, nitrógeno y oxígeno libres. La ecuación de descomposición puede espresarse como sigue:



$6CO^2$ desprende $94 \times 6 = 564$ Calorías.

$5H^2O$ » $69 \times 5 = 345$ »

Total. . . . 909 »

El calor desprendido por la descomposición de un peso en gramos proporcional á dos moléculas de nitroglicerina será pues

$$909 - 196 = 713 \text{ Calorías.}$$

18. El calor desarrollado á volumen constante, se calcula por la siguiente fórmula:

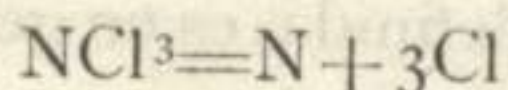
$$Q_v = Q_p + 0,542(N' - N) + 0,002t$$

en la que Q_p representa el calor desarrollado á presión cons-

tante, N el cociente del número de litros ocupado por los gases componentes, reducidos á 0° y 0,^m 76, por 22,32; N' el mismo cociente para los gases resultantes y t la temperatura á que se ha tomado el calor bajo presión constante.

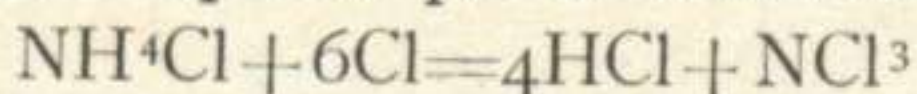
En la adjunta tabla se consignan los calores de formación de los cuerpos que entran en la composición y descomposición de las principales sustancias explosivas.

19. En algunas de éstas, no tiene lugar la segunda agrupación atómica, el volumen gaseoso proviene instantáneamente de la descomposición de la sustancia, y el calor que se manifiesta, es consecuencia de que su formación absorbe calor en vez de desprenderlo y por consiguiente en su descomposición hay desprendimiento en vez de absorción. El cloruro de nitrógeno NCl_3 por ejemplo se descompone en sus elementos



La cantidad de calor por gramo, se eleva según Sainte Claire Deville á 316,4 gramos Calorias.

Los cuerpos que producen calor en su descomposición, son siempre productos secundarios de las reacciones. Si se trata el cloruro de amonio por el cloro, se produce la reacción que podremos espresar por la ecuación siguiente:



El producto de la reacción es ácido clorhídrico, cuya formación va acompañada de desprendimiento de calor; quedan tres átomos de cloro y uno de nitrógeno, que no tienen gran afinidad; pero una parte del calor desprendido en la formación del ácido clorhídrico, se trasforma en trabajo atómico, que aproxima y une, si bien de un modo inestable, los espresados átomos. El calor absorbido por dicho trabajo está almacenado, digámoslo así, en la molécula NCl_3 , por consiguiente al descomponerse se pondrá de manifiesto.

20. El calor desarrollado en la deflagración de una sus-

tancia explosiva puede hallarse prácticamente por medio de un calorímetro, procurando evitar las causas de error, que pueden provenir de las pérdidas por radiación y de las reacciones entre los cuerpos formados y la materia del calorímetro.

21. El trabajo mecánico que una sustancia explosiva puede efectuar, suponiendo que los gases se dilaten indefinidamente, es igual al equivalente mecánico del calor, 436, multiplicado por el calor desarrollado.

$$\text{Trabajo} = EQ$$

A este trabajo máximo que la sustancia puede verificar, se le da el nombre de *potencial* del cuerpo explosivo.

En la práctica sólo se aprovecha una fracción del potencial, pues la máquina que trasforma el calor en trabajo, absorbe parte en calentarse, y además, la dilatación de los gases, lejos de ser indefinida, es en general muy restringida.

La fracción del potencial que se utiliza, se llama *rendimiento*.

Calor de formación de los cuerpos que entran en la composición y descomposición de las principales sustancias explosivas

NOMBRES.	ELEMENTOS	PESO MOLECULAR.	CALOR DESARROLLADO.			
			GASEOSO.	LÍQUIDO.	SÓLIDO.	DISUELTO.
Nitratos.	$K + O^3 + N.$	101,1	»	»	+118,7 (1)	»
	$Na + O^3 + N.$	85	»	»	+110,6	»
	$H^4 + O^3 + N.$	80	»	»	+ 87,9	»
Cloratos.	$K + O^3 + Cl.$	122,6	»	»	+ 94,6	»
	$Na + O^3 + Cl.$	106,5	»	»	+ 85,4	»
	$K^2 + O^4 + S.$	174,2	»	»	+342,2	»
Sulfatos.	$Na^2 + O^4 + S.$	142,0	»	»	+326,4	»
	$N^2 + H^8 + O^4 + S.$	132,0	»	»	+285,8	»
	$K^2 + O^3 + C.$	138,2	»	»	+277,8	»
Carbonatos.	$Na^2 + O^3 + C.$	106	»	»	+270,2	»
	$K + H + C + O^3.$	100,1	»	»	+232,8	»
	$Na + H + C + O^3.$	84	»	»	+227,0	»
Bicarbonatos.	$K^2 + S.$	110,2	»	»	+102,2	+112,4
	$Na^2 + S.$	78,0	»	»	+ 88,4	+103,2
	$N^2 + H^8 + S.$	68,0	»	»	»	+ 56,8
Cloruros.	$K + Cl.$	74,6	»	»	+105,0	+100,8
	$Na + Cl.$	58,5	»	»	+ 97,3	+ 96,2
	$N + H^4 + Cl.$	53,5	»	»	+ 76,7	+ 72,7
Agua.	$H^2 + O.$	18	+ 59	+69	+ 70,4	»
Amoniaco.. . . .	$H^3 + N$	17	+12,2	»	»	+ 19,0
Anhidrido sulfuroso.. . . .	$S + O^2.$	64	+69,2	»	»	+ 77,6
Oxido nitroso.	$N^2 + O.$	44	-20,6	-16,2	»	»
Oxido nítrico.. . . .	$N + O.$	30	-21,6	»	»	»
Peróxido nítrico.. . . .	$N + O^2.$	46	- 2,6	+14,2	»	»
Acido nítrico.. . . .	$N^2 + O^5 + H^2O$	126	- 0,2	+ 7,1	+ 15,4	+ 28,2
Anhidrido carbónico.	$C + O^2$ { C. diamante.	44	+94	»	100,0	»
	{ C. amorfo.		+97	»	103,0	»
Oxido de carbón.	$C + O$ { C. diamante.	28	+25,8	»	»	»
	{ C. amorfo.		+28,8	»	»	»
Sulfuro de carbono.. . . .	$C + S$ { C. diamante.	76	-21,0	-14,4	»	»
	{ C. amorfo.		-18,1	-11,4	»	»
Nitroglicerina.	$C^3 + H^5 + N^3 + O^9.$	227	»	+98	»	»
Fulminato de mercurio.	$C^2 + N^2 + Hg + O^2.$	284	»	»	- 62,9	»
Algodón pólvora.	$C^{24} + H^{20} + N^{11} + O^{42}.$	1143	»	»	+624	»
Colodión.	$C^{24} + H^{31} + N^9 + O^{38}.$	1053	»	»	+696	»
Acido pícrico.. . . .	$C^6 + H^3 + N^3 + O^7.$	229	»	»	+ 49,1	+ 41,0
Picrato de potasio.	$C^6 + H^2 + N^3 + O^7 + K.$	267,1	»	»	+117,5	»

(1) Calor necesario para elevar un kilogramo de agua de 0 á 1,°

TEMPERATURA.

22. Es muy difícil medir directamente la temperatura desarrollada por una sustancia explosiva. Lo único que se sabe, por las experiencias del capitán Noble, es que la explosión de la pólvora desarrolla una temperatura superior á la de fusión del platino.

Teóricamente puede obtenerse, dividiendo el calor desprendido Q por el calor específico, c , de los productos, así:

$$T = \frac{Q}{c}$$

Para que la temperatura obtenida por este medio sea la verdadera, es preciso que se introduzca el verdadero calor específico y el calor que corresponde á la formación de los productos que realmente existan á dicha temperatura. Estas condiciones son difíciles de llenar, pues los productos á la temperatura máxima y en las condiciones de la explosión no son necesariamente los mismos que los que se hallan después del enfriamiento y el calor específico de los productos realmente observable, es inferior al correspondiente á la temperatura y presión máxima, pues es sabido que los calores específicos aumentan considerablemente con la temperatura y presión. Este dato es por consiguiente muy incierto. Generalmente se calcula, fundándose en una hipótesis, que Mr. Berthelot califica de arbitraria, y que consiste en considerar como constante á una alta temperatura, al calor específico de todos los cuerpos compuestos gaseosos, independiente de aquella y de la presión é igual á la suma

del de sus elementos gaseosos bajo volumen constante. El calor específico de estos elementos gaseosos es igual en todos á 4,8 para un peso en gramos proporcional al molecular. Así, el calor específico del vapor de agua H^2O , por ejemplo, y el del óxido nítrico $N.O$, referidas al molecular, son respectivamente $4,8 + 2,4 = 7,2$ $2,4 + 2,4 = 4,8$.

Los calores específicos obtenidos por este medio, son generalmente mayores que los hallados experimentalmente.

Los calores específicos de los compuestos sólidos puede calcularse aproximadamente por la suma del de sus elementos, tomados no con los valores reales que poseen en estado libre, sino con los calculados por M. Kopp, que se expresan á continuación, referidos á los pesos proporcionales atómicos.

6,4 para *K, Li, Na, Ag, As, Bi, Sb, Br, I, Cl.*

5,4 para *Ph.*

5,0 para *Fl.*

3,8 para *Si.*

3,2 para *N.*

6,4 para *Al, Au, Ba, Sr, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Ir, Mg, Mn, Ni, Os, Pb, Pd, Pt, R, Sn, Ti, Mo, Zn, Se, Te.*

2,7 para *Bo.*

5,4 para *S.*

2,3 para *H.*

4,0 para *O.*

1,8 para *C.*

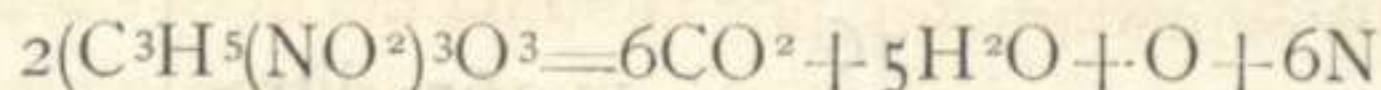
El calor específico del sulfato de potasio, por ejemplo K^2SO^4 para un peso en gramos proporcional al molecular, será $12,8 + 5,4 + 16 = 34,2$.

VOLUMEN GASEOSO.

23. El volumen gaseoso producido por la explosión de una sustancia puede medirse directamente ó calcularse siem-

pre que se conozca exactamente la reacción producida, lo que sucederá cuando la sustancia contenga suficiente oxígeno para quemar por completo los elementos. Este cálculo es sumamente fácil, pues de los pesos moleculares puede pasarse al peso de un litro á 0° y á la presión ordinaria, y dividiendo los de los diversos cuerpos gaseosos producidos por la reacción por estos últimos y sumando los resultados, se obtiene el volumen buscado á 0° y 0.^m76.

Sea por ejemplo la nitroglicerina



Una molécula de anhídrido carbónico pesa $12+32=44$ véces lo que un átomo de hidrógeno ó 22 veces lo que una molécula de este cuerpo, y como á igualdad de volumen, temperatura y presión todos los gases contienen el mismo número de moléculas, resulta que un litro de anhídrido carbónico pesa 22 veces más que un litro de hidrógeno. El peso de éste á 0° y á 0.^m76 es de 0,80896, luego el peso de un litro de anhídrido carbónico en iguales condiciones de temperatura y presión es igual á $0,80896 \times 22 = 1,89712$.

La reacción produce 6CO_2 , es decir, $6 \times 44 = 264^g$ de la misma sustancia, y es evidente que dividiendo 264 por 1,89712, se tendrá el número de litros de anhídrido carbónico producido por la explosión.

$$\frac{264}{1,89712} = 133,928 \text{ litros}$$

Suponiendo el agua en estado de vapor, tendremos que su peso molecular respecto á una molécula de hidrógeno será 9 y por las mismas razones que antes, un litro de vapor de agua, supuesto á 0° y á 0.^m76 sin cambiar de estado, pesa $9 \times 0,80896 = 0,8064$.

El número de litros de vapor de agua producidos por la reacción es

$$\frac{90}{0,8064} = 111,604 \text{ litros.}$$

Una molécula de oxígeno O^2 , pesa 16 veces más que una molécula de hidrógeno; por consiguiente un litro de oxígeno á 0^o y á $0,^m76$ pesa $0,80896 \times 16 = 1,84336$.

La reacción desarrolla 16g de oxígeno, que ocupan en las mismas condiciones de temperatura y presión

$$\frac{16}{1,4336} = 11,167 \text{ litros}$$

Del mismo modo se hallará que un litro de nitrógeno pesa $0,80896 \times 14 = 1,82544$ y que los 84g de dicho gas producidos por la explosión, ocupan

$$\frac{84}{1,2544} = 66,964 \text{ litros}$$

La explosión de 454 gramos de nitroglicerina desarrolla pues $133,928 + 111,604 + 11,167 + 66,964 = 323,663$ litros de gases reducidos á 0^o y á $0,^m76$, ó sean por kilogramo 713 litros.

Puede aun obtenerse el volumen gaseoso sin necesidad de este sencillo cálculo, recordando qué los pesos moleculares, se refieren al volumen ocupado por 2g de hidrógeno ó sean 22,132 á 0^o y á $0,^m76$.

Este volumen se llama volumen molecular y el peso correspondiente, peso molecular. El volumen gaseoso desarrollado por la reacción será igual á tantas veces 22,132 como moléculas se produzcan de cuerpos gaseosos ó de cuerpos que puedan tomar dicho estado.

En el ejemplo anterior se producen 6 moléculas de anhídrido carbónico, 5 de agua, 3 de nitrógeno y $\frac{1}{2}$ de oxígeno.

no, que componen un total de $29\frac{1}{2}$ moléculas. El volumen gaseoso desarrollado, será según lo que acabamos de decir:

$$22,132 \times \frac{29}{2} = 343,64 \text{ litros}$$

Este medio de encontrar el volumen gaseoso es mucho más cómodo que el explicado anteriormente.

PRESIÓN.

24. La presión producida por una explosión depende del volumen gaseoso y de la temperatura. Puede medirse directamente ó calcularse suponiendo aplicables las leyes de Mariotte y Gay-Lussac. Para lo primero, se usan generalmente los aparatos Rodman ó *crusher* (aplastador.)

25. El aparato Rodman consiste en una cuchilla de forma angular fija á un pistón que juega en la parte cilíndrica de una pieza de acero. En el fondo de ésta, se coloca un disco de cobre y se sujeta con el corte de la cuchilla, de modo que cuando el pistón sufre los efectos de la explosión, la cuchilla penetra en el cobre y hace en él un corte cuyas dimensiones se miden con exactitud y se comparan con otras producidas por presiones determinadas.

26. El *crusher* es un cilindro hueco de acero, cerrado por una de sus estremidades en la que hay dos pequeñas canales para dar paso al aire, en su interior se coloca otro de cobre de diámetro mucho menor que el de su alojamiento y apoyado en su base superior, un émbolo que funciona en la pieza que cierra el cilindro de acero.

Los gases obran sobre el émbolo el que á su vez comprime al cilindro de cobre. Del aplastamiento que este sufre se deduce la presión ejercida.

La medida de las presiones, con los aparatos que acabamos de describir, supone su *contraste* (1) previo, contraste que puede hacerse de diferentes maneras.

27. MM. Sarrau y Vieille han presentado á la Academia de Ciencias un estudio referente á los crushers, y de él extractamos los siguientes:

El método de contraste adoptado, consiste en aplastar los cilindros lenta y progresivamente, por cantidades muy pequeñas, hasta que soporte una carga determinada. El aplastamiento que ésta produce, se mide con toda exactitud.

Del examen de los resultados obtenidos por este procedimiento se deduce, que cuando la fuerza de contraste varía de 1.000 á 3.500 kilogramos, su valor puede expresarse aproximadamente por una función lineal del aplastamiento, de manera que si se designa por

F la fuerza de contraste

α el aplastamiento

K_0 y K dos constantes; se tiene

$$F = K_0 + K \alpha$$

Para K_0 y K se hallaron los siguientes valores, tomando como unidades el milímetro y el kilogramo

$$K_0 = 541 \quad K = 535$$

(1) Adoptamos esta palabra para indicar las operaciones necesarias para formar tablas en que consten los aplastamientos ó cortes producidos en los cilindros ó discos de cobre por presiones determinadas, tablas que llamaremos tablas de contraste.

En la tabla siguiente, se consignan las diferencias entre los valores medidos de los aplastamientos, y los calculados por la relación lineal.

Fuerza de contraste.	APLASTAMIENTO.		Diferencia.
	Medidos	Calculados.	
Kg.	mm	mm	mm
1000	0,90	0,86	+0,04
1500	1,74	1,79	—0,05
2000	2,67	2,73	—0,06
2500	3,73	3,66	+0,07
3000	4,62	4,49	+0,03
3500	5,49	5,53	—1,04

Establecida la tabla de contraste falta precisar la regla según la cual pueden utilizarse sus indicaciones para apreciar la presión desarrollada por una explosión en vista de los aplastamientos que estas presiones producen en condiciones distintas de las de contraste.

El examen que de este punto hacen MM. Sarrau y Vieille, les conduce á la siguiente fórmula

$$P=K_0 + \frac{Ka}{1+f\left(\frac{t}{t_0}\right)}$$

designado por

t , el tiempo que transcurre desde el origen del movimiento á la producción del máximo

t_0 la duración del aplastamiento del cilindro por una fuerza constante, obrando sin velocidad inicial, por el intermedio de un pistón de masa, m .

f , una función, que es igual á la unidad cuando la variable es nula, y decrece rápidamente cuando la variable crece.

El valor que hay que atribuir á P para un valor medido de α , depende pues esencialmente de la relación $\frac{t}{t_0}$. Esta relación constituye la variable característica del fenómeno.

Para la pólvora ordinaria y en general para las mezclas explosivas en que el tiempo de la reacción es relativamente grande, puede considerarse $f\left(\frac{t}{t_0}\right)=0$, y la presión se calcula por la fórmula

$$P=K_0 + K\alpha. \quad (1)$$

Para el algodón pólvora, picrato de potasio y para todos los cuerpos en que t . es inapreciable, $f\left(\frac{t}{t_0}\right)=1$, y por consiguiente

$$P=K_0 + \frac{K\alpha}{2} \quad (2)$$

Algunas sustancias, como la dinamita por ejemplo, presentan un caso intermedio; se descomponen más lentamente que el algodón pólvora y más rápidamente que la pólvora ordinaria. La presión podrá calcularse por una ú otra de las dos fórmulas, según el peso del pistón que se emplee, con pistones de 3,8 y 6,9 gramos, los aplastamientos son dobles de los que se obtienen con otro de 4 kilogramos. Se vé por esto, que con la dinamita pueden realizarse los dos casos límites.

Con la densidad de carga 0,3 y con un pistón de 59,7 gramos, el picrato de potasio y la dinamita producen próximamente el mismo aplastamiento. La regla que se admitía antes del estudio de MM. Serrau y Vieille, conduce á admitir el mismo valor para las presiones máximas de las dos sustancias, mientras que de la discusión de los resultados

obtenidos se deduce, que con la dinamita no puede calcularse la presión máxima por dicho aplastamiento y piston, toda vez que $\frac{t}{t_0}$ ni es despreciable, lo que haria $f\left(\frac{t}{t_0}\right)=1$ ni suficientemente grande para que la misma funcion sea igual á 0. Lo primero, se verifica empleando pistones de 4 kilogramos de peso y lo segundo con pistones de 3.8 y 6.9 gramos. Con el picrato, $f\left(\frac{t}{t_0}\right)=1$ empleando el piston de 59.7 gramos.

Las presiones desarrolladas por dichas sustancias, deben pues calcularse por la fórmula (2) introduciendo, para el picrato, en vez de α el aplastamiento obtenido empleando el piston de 59.7 gramos y para la dinamita, el obtenido haciendo uso del de 4 kilogramos.

La presión que desarrolla el picrato es de 1985^k por centímetro cuadrado y la de la dinamita de 2547^k por la misma unidad de superficie.

Estos resultados ponen de manifiesto la importancia del análisis hecho por MM. Sarrau y Vieille.

28. El General Abbot en sus numerosas experiencias, para hallar el mejor sistema de torpedos, hizo uso de un aparato de esta clase con la diferencia de sustituir el cilindro de cobre por uno de plomo, con objeto de aumentar la sensibilidad del aparato y de algunas otras modificaciones para impedir la entrada del agua y evitar cierto movimiento de trepidación del pistón observado por el Mayor King, quien obtuvo en el disco de cobre del aparato Rodman, aun empleando cargas menores de 13 kilogramos, cortes secundarios, que atribuyó á la elasticidad del agua.

Dichas experiencias encierran un gran interés para los que se dedican al estudio de los torpedos y se esponen detalladamente en el último capítulo.

29. El cálculo de la presión es fácil admitiendo que los gases obedecen á las leyes de Mariotte y Gay-Lussac. En efecto, sea V_0 el volumen gaseoso producido por la reaccion á 0° y á la presión normal; á T y á la misma presión, dicho volumen será igual á $V_0(1 + \alpha T)$ siendo $\alpha = \frac{1}{273}$. Encerrado este volumen en V , la presión en atmósferas será:

$$P = \frac{V_0 \left(1 + \frac{T}{273} \right)}{V}$$

y como $T = \frac{Q}{c}$

$$P = \frac{V_0 \left(1 + \frac{Q}{273 c} \right)}{V}$$

Suponiendo $V = 1 \text{ c}^3$ y V_0 el volumen gaseoso desarrollado por la unidad de peso, el valor que resulte para P representará en atmósferas, la presión desarrollada por la unidad de peso de la sustancia explosiva al detonar en la unidad de volumen.

En el caso que una porción de los productos conserve el estado líquido ó sólido, hay que restar del volumen en que ha detonado la sustancia, el ocupado por dichos productos; representándolo por v , tenemos:

$$P = \frac{V_0 \left(1 + \frac{Q}{273 c} \right)}{V - v}$$

Para poder calcular v , consignamos la siguiente tabla de volúmenes para pesos en gramos proporcionales al atómico ó molecular.

30. Se llama *densidad de carga* á la relacion entre el número de gramos que espresa el peso de la materia explosiva y el número de centímetros cúbicos que espresa la capacidad en que hace explosion.

31. Cuando los productos de esta son todos gaseosos, la presion desarrollada, debe ser segun la ley de Mariotte proporcional á la densidad de carga.

Esta relacion puede considerarse como exacta para pequeñas densidades; pero cesa de serlo para densidades medias de 0,1 á 0,2. Para grandes densidades de carga, que son las mas interesantes, la relacion tiende á existir de nuevo por alguna compensacion, sin duda, entre la variacion de la presion, mas rápida que lo indicado por la ley de Mariotte, y la variacion de los calores específicos que crecen con la temperatura y presion.

Así, la relacion entre la presion observada, P , para una densidad de carga d , relacion que espresa, segun lo manifestado, la presion desarrollada por la unidad de peso de la sustancia al detonar en la unidad de volumen, debe ser constante para cada sustancia. A dicha relacion

$$f = \frac{P}{d}$$

llama Mr. Berthelot *presión específica*.

32. La presión específica no representa el *esfuerzo máximo* que una sustancia explosiva puede desarrollar. Este esfuerzo es el de una sustancia que detona en un espacio enteramente lleno, sin huecos interiores; en un espacio igual á su propio volumen. La presión específica y el esfuerzo máximo, coinciden en el caso de que la densidad absoluta sea igual á la unidad. Para calcular dicho esfuerzo, no hay más que multiplicar la presión específica por la densidad real de la sustancia.

33. La hipótesis de que los gases producidos por la explosión, obedecen á las leyes de Mariotte y Gay-Lussac no puede admitirse rigurosamente. Dichas leyes pierden su significación en el estudio de los gases fuertemente comprimidos, como los que resultan de la detonación de las sustancias explosivas en vasos cerrados. Sin embargo, pueden establecerse ciertas compensaciones; la temperatura calculada, es mayor que la real á causa de que el calor específico de los productos á la temperatura ordinaria, es inferior al que corresponde en el momento del máximo y la presión aumenta más rápidamente que la temperatura en gases tan comprimidos.

Densidades y volúmenes para pesos en gramos proporcionales al atómico ó molecular de algunos cuerpos.

NOMBRES.	Sim- bolos.	Peso atómico ó mo- lecular.	Densidad.	Volumen c ³
Azufre.	S	32	2,04	15, 8
Carbon.. . . .	C	12	3, 5 Diamante	3, 4
			2,27 Grafito	5, 4
			1,57 Amorfo	7, 6
Mercurio.	Hg	200	13,59	14, 7
Cloruro de Potasio	KCl	74,6	1,94	38,00
Cloruro de sódio.	NaCl	58,5	2,15	27,00
Cloruro de amonio	NH ⁴ Cl	53,5	1,53	35,00
Nitrato de potasio	KNo ³	101,1	2,06	49,00
Nitrato de sódio.	NaNo ³	85	2,20	39,00
Nitrato de amonio	NH ⁴ No ³	80	1,71	41,00
Carbonato de potasio	K ² CO ³	138,2	2,26	62,00
Carbonato de sódio	Na ² CO ³	106	2,46	43,00
Sulfato de potasio	K ² SO ⁴	174,2	2,66	66,00
Sulfato de sódio.	Na ² SO ⁴	142,0	2,63	54,00
Clorato de potasio	KClO ³	122,6	2,33	52, 6

DISOCIACIÓN.

34. Para formarnos una idea más completa de los efectos de las sustancias explosivas, es necesario examinar los fenómenos de disociación. Para comprenderlos bien, tomemos el agua como ejemplo y veámos como obra el calor sobre ella. Cuando se calienta á una temperatura suficientemente elevada, á 1000° por ejemplo experimenta un principio de descomposición; pero esta descomposición es limitada, cesa así que la tensión de la mezcla de hidrógeno y oxígeno, que proviene del agua descompuesta, ha alcanzado cierto valor f . Si se eleva la temperatura á 1200° , la descomposición parcial aumenta, una proporción mayor de hidrógeno y oxígeno se halla mezclada con el vapor de agua y la nueva descomposición cesa también cuando la tensión de la mezcla ha adquirido un valor f' superior á f . Así, la tensión de la mezcla de gas oxígeno é hidrógeno, que proviene de la descomposición del agua, crece con la temperatura á que se somete. M. Sainte Claire Deville ha llamado á este modo de descomposición, *disociación* y á la tensión f de los gases en libertad á cierta temperatura, *tensión de disociación* á dicha temperatura.

Si al contrario, se enfría el vapor de agua calentado á T' hasta la temperatura T , una parte de los gases separados vuelve á combinarse y la tensión de disociación que era f' se reduce á f , tensión de disociación correspondiente á la temperatura T .

Entre las consecuencias del fenómeno de la disociación hay una muy importante señalada por Mr. Deville y cuya verificación es una confirmación notable de la teoría. La determinación de las temperaturas de combustión se habían

evaluado muy superiores á lo que son realmente, por no tener en cuenta la disociación. Tomemos como ejemplo la combustión del hidrógeno en el oxígeno. Si se admite que el hidrógeno y oxígeno se combinan íntegramente para formar agua (1 g. H —8 g. O para obtener 9 g. de agua) y que el calor desprendido en esta combustión se emplea exclusivamente en calentar el vapor de agua formado, se obtendrá fácilmente la temperatura de combustión del hidrógeno en el oxígeno, es decir la temperatura que adquiriría el vapor de agua en la hipótesis precedente. La combustión de 1 gramo de H desprende 34500 calorías próximamente (Favre y Silberman), el calor específico del vapor de agua es 0'475 y el necesario para hacer pasar 1 gramo de agua de 0° al estado de vapor á 100°, 637 calorías. Se tendrá pues la ecuación

$$637 + (x - 100)0'475 = \frac{34500}{9}$$

34500:9 expresa el calor engendrado en la producción de un gramo de agua y el primer miembro, que este calor aplicado á 1 gramo de agua á 0° lo ha hecho pasar al estado de vapor á 100° y enseguida de 100° á x ° temperatura de combustión. Calculando el valor de x , se encuentra 6800° próximamente. Este cálculo, suponiendo que el vapor de agua no esté parcialmente descompuesto á la referida temperatura es completamente inadmisibile y es de necesidad suponer que la combustión del hidrógeno en el oxígeno, cuando se efectúa en un espacio impermeable al calor, es *incompleta* y produce por consiguiente una temperatura inferior á la calculada. Esta temperatura está necesariamente ligada con la cantidad de gases no combinados por la condición de que la tensión de los gases en la mezcla sea igual á la tensión de disociación del agua á la misma temperatura.

La temperatura de combustión real de una mezcla de hidrógeno y oxígeno es según Mr. Bunsen, próximamente

igual á 2800°. Para esta temperatura la proporción de gases combinados es $\frac{1}{2}$ solamente.

Apliquemos estas ideas de disociación á una sustancia explosiva. Digimos que el choque, la fricción, la elevación de temperatura destruían su equilibrio atómico y que en esta primera fase habia absorcion de una cantidad de calor igual á la que desprendió la sustancia para su formación y que en seguida resultaba una nueva disposicion de los átomos que daba lugar á cuerpos nuevos acompañada del consiguiente desprendimiento de calor.

Es evidente que estas dos fases van marchando á la par, porque la primera, solo puede efectuarse completamente absorbiendo el calor que necesita y que le ha de proporcionar la segunda. Durante el tiempo que dura la trasformación completa de la masa explosiva, la temperatura podrá permanecer igual á la inicial: pues puede haber absorción de la misma cantidad de calor desprendida; pero á partir del momento en que la sustancia ha absorbido el calor necesario para su descomposición, aumenta aquella rápidamente y llega al máximo cuando los últimos átomos se han agrupado para formar los cuerpos nuevos. Es admisible que á la temperatura resultante de dicho calor máximo, ciertos compuestos estén parcialmente disociados; esto es lo mismo que decir, que desde cierto momento no puede ya verificarse agrupación atómica, porque si se verificase, se descompondría en seguida el cuerpo formado por el incremento que habría tenido la temperatura por dicha agrupación.

El fenómeno de la disociación lleva en sí la disminución de una cantidad de calor igual á la que hubiera desprendido la combinación de los átomos que han quedado libres ó formando combinaciones muy sencillas.

35. El volumen gaseoso aumenta en el caso de que en la combinación de los elementos disociados se produzca

contracción y permanece igual en el caso contrario. Cuando hay contracción en la combinación, la presión que depende, como sabemos del calor y del volumen gaseoso, disminuye por disminuir el primero y aumenta por el incremento que experimenta el segundo, de modo que á primera vista no puede saberse cómo varía la presión; pero Mr. Berthelot despues de examinar atentamente la cuestión, cree que puede sentarse la proposición general siguiente:

El calor desarrollado por una reacción efectuada entre cuerpos gaseosos con formación exclusiva de productos gaseosos también, suponiéndolo aplicado sin pérdida alguna á calentar los productos, es tal, que hay siempre incremento de presión cuando se opera á volumen constante.

Por consiguiente, si los gases disociados se hubiesen combinado, hubiera habido aumento de presión, lo que equivale á decir que la disociación produce disminución en la presión. Cuando no hay contracción, es evidente que el fenómeno de que hablamos, produce el mismo efecto.

La disociación produce pues, disminución en la presión en el momento del máximo.

A medida que los gases se enfrían, los cuerpos que habían permanecido en estado libre ó formando combinaciones muy sencillas, entran en combinación de una manera más completa, resultando nuevo desprendimiento de calor que produce el sostenimiento de la presión.

CAPÍTULO II.

PÓLVORA DE CAÑÓN.

Temperatura á que se produce la explosión 270° á 300° ---Idem producida por la misma 2230° C.--Calor desarrollado, por kilógramo, 721 calorías.--Volumen gaseoso, por kilógramo, 280 litros.

36. La pólvora ordinaria se compone de un poderoso agente de oxidacion, el salitre, y de dos sustancias fácilmente oxidables, el azufre y el carbon. Las proporciones en que entran dichos ingredientes son:

Pólvoras densas de grano de 5 m'm, $2\frac{1}{2}$ y 1, y de densidad 1'820 á 1'850.	Salitre.. . . .	75
	Azufre.. . . .	12'5
	Carbon (agramiza).. .	12'5

100

Pólvoras de 6 á 10, m'm, de densidad 1'659 á 1'771 y pólvora prismática.	Salitre.. . . .	74
	Azufre.. . . .	10
	Carbon de sance.. .	16

100

Pólvora Pebble, inglesa, de grano irregular de 12 á 15 mjm densidad, 1'78 á 1'82	Salitre.. . . .	75
	Azufre.. . . .	10
	Carbon.	15
		<hr/>
		100

37. La poca sensibilidad de la pólvora á la accion del choque y á los efectos del rozamiento, permiten una fabricación relativamente poco peligrosa, se conserva con facilidad sin alteracion y responde por sus cualidades á las necesidades de su empleo en los cañones, comunicando al proyectil una fuerza viva considerable sin deteriorar rápidamente el arma.

La pólvora presenta una resistencia bastante grande al choque; el de hierro contra hierro es el que produce más fácilmente la explosión, y el menos peligroso, es el de cobre contra cobre, bronce ó madera.

La pólvora hace explosión cuando se eleva súbitamente la temperatura á 270 ó 300°. La temperatura de explosión es tanto más baja, cuanto mas finos son los granos.

Cuando se calienta lentamente, se determina la fusión del azufre, cuyo vapor se inflama en el aire hacia 250° y produce la explosión.

Para producir la explosión de la pólvora por medio de un cuerpo en ignición, es preciso que una porción de la materia adquiera una temperatura suficiente, su inflamación determina la explosión del resto. Las llamas solo determinan la explosión de la pólvora, despues de haberla calentado, el algodón pólvora en rama puede hacer explosión sobre la pólvora sin inflamarla.

En el vacío, la presencia de un cuerpo incandescente no determina la explosión. Segun Bianchi, la pólvora sometida en el vacío á una temperatura de 2000° producida por una corriente eléctrica arde lentamente y sin explosión. En una

atmósfera de nitrógeno, de ácido carbónico, ó de cualquier otro gas no oxidante la explosión se produce como en el aire. Se concibe que en el vacío, los gases producidos se esparzan libremente, é impidan á la pólvora calentarse hasta la temperatura en que se produce la explosión. Se supone que la cantidad de pólvora, sometida á la influencia del cuerpo incandescente en el vacío, debe ser muy pequeña, pues de lo contrario, los gases formados impiden la libre dilatación de los siguientes y el fenómeno termina por la explosión como acabamos de decir que sucede en la atmósfera de un gas no oxidante.

38. La pólvora ordinaria en circunstancias determinadas, es susceptible de producir una explosión espontánea. Este fenómeno se explica de un modo análogo á la que se produce en los montones de hulla piritosa. En presencia de la humedad el sulfuro de hierro se trasforma en sulfato, desarrollando en este acto, una cantidad de calor suficiente para inflammarla. La pólvora ordinaria en contacto con una envuelta húmeda de hierro ó de fundicion, podrá producir cierta cantidad de sulfuro de hierro, que en presencia del aire, de la humedad de la atmósfera, y con mayor razón si llueve en el momento de la descarga, podrá convertirse en sulfato y producir la explosión de la carga. Para evitar este peligro se ha dispuesto en Francia:

- 1.º Pintar el interior de los torpedos, que hayan de cargarse con pólvora, con dos capas de barniz hidrófugo.
- 2.º Secar cuidadosamente el interior de los torpedos, antes de cargarlos.
- 3.º Cuando haya necesidad de descargar un torpedo después de mucho tiempo de fondeado, se abrirá debajo del agua, de manera que la pólvora se moje antes de estar en contacto con el aire.

39. En la diflagración de la pólvora se ha de conside-

rar la velocidad de inflamación, es decir, la velocidad con que se propaga el fuego de una parte á otra de la carga y la velocidad de combustión, ó sea la velocidad con que aquella se consume.

Se admite que la velocidad de inflamación de una carga de pólvora en una arma es de 10 metros al menos por segundo. Varía con la forma y dimensiones del grano, presenta, al parecer, un máximo para granos de dimensión media y un mínimo que corresponde al polvorín, en cuya masa pueden difícilmente penetrar los gases calientes. La velocidad de inflamación varía igualmente con las proporciones de los componentes, aumentando hasta cierto límite con la proporción de azufre.

La velocidad de combustión varía con la presión, se han hecho experiencias con un tubo de acero de 0'01 metros de diámetro lleno de polvorín apilado; á su extremidad se adaptaba un tapón provisto de un orificio de diámetro variable. La velocidad de combustión por segundo fué:

VELOCIDAD.	DIAMETRO DEL ORIFICIO.
10'34 m|m.	0'010
10'64 m|m.	0'008
11'20 m|m.	0'006
13'78 m|m.	0'004

En el último caso la presión interior medida con un dinamómetro era próximamente de 5 atmósferas. Se comprende cuan considerable será el aumento de la velocidad de combustión bajo las presiones que se obtienen en las armas de fuego.

La velocidad de combustión disminuye aumentando la magnitud de los granos y la humedad. Varía con la proporción de los componentes. La proporción de azufre que dá la mayor velocidad, está comprendida entre 8'50 y 12'20 0/0

varía igualmente de un modo notable con la trituración más ó menos perfecta de la mezcla.

40. Parece natural suponer que la combustión de los granos de pólvora se efectúa de un modo regular por capas concéntricas; sin embargo, no sucede siempre así, pues algunas veces se encuentran delante de los cañones granos de pólvora parcialmente quemados, que sin duda se han apagado por el enfriamiento debido al paso de la presión considerable que existe en el ánima, á la presión atmosférica. Estos granos tienen comunmente una forma irregular y su superficie presenta profundas cavidades, cuando la densidad de las pólvoras es inferior á 1'775; pero cuando es de 1'800 ó superior, la forma es semejante á la del grano primitivo, lo que hace creer que sólo en este caso la masa es suficientemente homogénea y la combustión se verifica por capas concéntricas.

Consideremos un grano de pólvora de forma paralelepípedo, ardiendo en un cañón con velocidades de combustión que varían con la presión desarrollada. Este paralelepípedo disminuye de dimensiones á medida que su superficie arde y su figura permanece constantemente semejante. La cantidad de gases desarrollada en un momento dado, es función de la superficie de combustión en dicho momento y de la presión. Las pólvoras que reúnen dichas condiciones, se llaman pólvoras progresivas.

41. Una ligera variación en las proporciones de los componentes tiene menos influencia, á igualdad de las demás condiciones, sobre la fuerza de la pólvora, que lo que podría creerse *á priori*. La naturaleza del carbón empleado es de mayor importancia. Se ha comprobado que la violencia de acción, crece en proporción directa de los constituyentes volátiles (hidrógeno y oxígeno) que han quedado en el carbón. Unas experiencias francesas, probaron que un carbón

fuertemente inflamable, obtenido por la exposición de la madera á una temperatura relativamente baja, daba una pólvora muy violenta, que se llamó pólvora rompedora por su acción destructora sobre el arma.

Se comprende que diversas modificaciones en la composición de la pólvora, puedan neutralizar de un modo más ó menos completo sus efectos respectivos. Así, la reducción de la rapidez de acción de la pólvora que puede efectuarse disminuyendo la proporción de azufre, componente inflamable, ó del salitre, componente oxidante, puede quedar neutralizada por el empleo de un carbón débilmente carbonizado y por consiguiente muy inflamable.

Las proporciones empleadas en la fabricación de la pólvora, corresponden casi exactamente á las proporciones requeridas para el desarrollo de la acción más enérgica. Sería contrario á la teoría, reducir ó aumentar la rapidez de combustión, alejándose de las proporciones exactas, ó empleando la materia sin que sus elementos estén íntimamente mezclados; pero dada una mezcla lo más íntima que pueda producirse y en las proporciones calculadas para dar el máximo efecto, hay cinco modos diferentes de modificar la pólvora y de regular la rapidez de la explosión. Estos son:

- 1.º Dimensión de los granos.
- 2.º Forma de los mismos.
- 3.º Condición exterior.
- 4.º Densidad de los granos.
- 5.º Dureza de idem.

En la operación del graneado, se dá á los granos la forma que se desea. Las dimensiones requeridas, se obtienen generalmente con telas metálicas cuya malla tenga la correspondiente magnitud, así la pólvora de 5 m/m es la que pasa por la malla de 4'5 m/m después de haber separado la de

$2\frac{1}{2}$ que pasó por la malla 1'75 mjm. Las formas que afectan los granos de las diversas pólvoras son muy variables; unos tienen la forma de discos, como la pólvora Pellet, otros la tienen prismática, otros esférica y otros irregular, como la pólvora Pebble (1). En este último caso las pólvoras se clasifican según la magnitud del grano.

Puede dejarse á la superficie de los granos su condición rugosa primitiva, ó bien pulimentarla más ó menos quitándole los ángulos agudos y pavonándola.

La densidad de la pólvora se determina por la presión, la de la pólvora densa española, que hemos consignado (36) se obtiene sometiendo 100 k. de mezcla ternaria humedecidos con $2\frac{1}{2}$ de agua, repartidos en 20 capas de 0'62 metros en cuadro, á una presión de 500000 k. La dureza se regula por la proporción de humedad contenida en la pólvora en el momento de someterla á la presión.

Modificando con exacta armonía todos los caracteres físicos de la pólvora (suponiendo siempre igual su composición) se obtendrán pólvoras de combustión lenta ó pólvoras vivas.

41. Para hacerse cargo de las ventajas ó inconvenientes de usar unas ú otras pólvoras, basta consignar las presiones desarrolladas en un cañon de 20 cjm con cargas de distintas pólvoras, que comunicaban al proyectil la misma velocidad.

La pólvora inglesa R. L. G. (2) del grano de 1'6 á 3'2 mjm, densidad 1'67, desarrolla rápidamente la presión máxima de 4690 atmósferas, cuando el proyectil solo se ha desplazado 0'015 metros.

La pólvora Pellet de granos en forma de discos de 19

(1) Palabra inglesa que significa *guijarro*.

(2) Rifle Large Grain, (rayado grano grueso.)

milímetros de diámetro y 13 de altura, con una cavidad de 6 mjm en una de las bases, densidad 1'76, dá una presión máxima de 2730 atmósferas, cuando el proyectil ha recorrido 0'11 metros.

La pólvora prismática rusa, cuyo grano pesa 37 gramos y cuya densidad es de 1'64, se inflama lentamente al principio y después arde rápidamente, desarrolla una presión de 3230 atmósferas, cuando el proyectil ha recorrido 0'15 metros.

La pólvora Peble, de grandes granos angulosos muy alisados, de densidad 1'845, dá solo una presión de 2420 atmósferas, después de un curso del proyectil de 0'20 metros.

PÓLVORA Y MODO DE CEBAR MAS CONVENIENTE EN LOS TORPEDOS.

42. En los torpedos el efecto que se desea producir es la destrucción de un obstáculo por la conmoción violenta comunicada al agua por medio de la explosión. La pólvora que se emplee debe de ser muy viva; se ha procurado aumentar las propiedades rompedoras de dicha pólvora, empleando cebos de fulminato de mercurio, pero las opiniones difieren sobre los resultados obtenidos por este medio.

Mr. Abel practicó las experiencias siguientes: dos cilindros de hierro de 3'5 mjm de espesor cerrados por un extremo, se cargaron con 50 gramos de pólvora, se enterraron en el suelo y se apisonó la tierra á su alrededor. Una de las cargas se cebó con fulminato y tanto por el ruido como por los efectos de rotura sobre el cilindro, la detonacion de esta primera carga se encontró muy superior á la segunda que se habia cebado por el sistema ordinario.

Estas experiencias se repitieron con cargas de pólvora de 225 y 450 gramos, y dieron el mismo resultado.

La conclusión fué análoga en las experiencias hechas en Boyardville, con cargas de un litro de pólvora cebadas con cebo ordinario, ó con uno ó dos gramos de fulminato de mercurio y en otras con 30 kilogramos de pólvora encerrados en cajas de palastro colocadas en el agua á dos metros de inmersión. Los efectos del torpedo cebado con fulminato (1,5 g.) fueron muy superiores al que lo estaba como de ordinario.

Sin embargo, en 1874, se hizo detonar una carga de 500 kilogramos de pólvora colocada en una envuelta de fundición y cebada con 4 g. de fulminato de mercurio, y no se obtuvo sobre el buque *Exprés* ningún resultado superior al de una carga igual de pólvora cebada con polvorín, que se había hecho detonar tres meses antes en condiciones idénticas contra la *Marie*. Este buque era, sin embargo, algo menos resistente que el *Exprés*.

Los escandinavos opinan que el fulminato obra sobre la pólvora de un torpedo, dispersando los granos, y que empleándose una parte de su explosión en producir este efecto mecánico, la otra es insuficiente para producir una detonación mas ventajosa.

Tal vez deberá atribuirse la diferencia de los efectos observados, á la naturaleza de la envelta de los torpedos y á la magnitud de las cargas. Para que la detonación de un torpedo se produzca en buenas condiciones, es necesario que la envuelta resista á las primeras presiones bastante tiempo para que la combustión de la pólvora esté asegurada antes del contacto con el agua. Si el metal de la envuelta es fragil y poco elástico, como la fundición, la detonación de la pólvora que recibe el primer choque del fulminato, puede que sea suficiente para romper la envuelta y haga

por consiguiente imposible la combustión completa de toda la carga. Si al contrario, la sustancia de la envuelta es elástica, podrá ceder sin romperse á las primeras presiones y permitir la detonación completa de la carga, de modo que la resistencia propia de la envuelta es de poca importancia siempre que sea suficiente para que la carga esté estanca.

Los Ingenieros militares ingleses emplearon para destruir el *Golden-Fleece*, que naufragó en Cardiff, cargas de 226 kilogramos de pólvora en sacos impermeables, y les dieron fuego con cebos fulminantes. Los resultados obtenidos fueron los mismos que si se hubieran servido de fuertes recipientes de hierro.

Otra experiencia interesante se hizo en 1873 en Boyardville. Un torpedo de palastro de un milímetro de espesor, que contenía 30 kilogramos de pólvora, se cebó con un gramo de fulminato. Se colocó sobre un fondo de arena á 1'50 m. de inmersión y á 0'50 m. del costado de una chalana sólida y blindada frente al torpedo con planchas de hierro de 12 cm de espesor.

La plancha inferior con el macizo de madera que la sostenía, fué rechazada hácia adentro por la explosión, girando como una puerta alrededor de una de sus extremidades. La superior y su macizo, fueron proyectados á 6 metros de distancia al otro lado de la chalana.

Esta experiencia, demuestra que un torpedo de 30 kilogramos de pólvora á una profundidad de 1'5 m. puede producir efectos destructores considerables contra un buque de madera y aun blindado.

Por los resultados obtenidos en las distintas experiencias que acabamos de consignar, no puede afirmarse que aumenta la intensidad de acción de una carga de pólvora, al hacer explosiva bajo el agua, por emplear espoletas de fulminato de mercurio. A la misma conclusión llega el General Abbot.

Dicha intensidad de acción aumenta considerablemente, empleando muchas espoletas, convenientemente distribuidas en la carga y dándoles fuego simultáneamente. Como puede verse en el último capítulo, la presión desarrollada por una carga de 90 kilogramos al hacer explosiva en una profundidad de 9 metros, aumenta de 1 á 2 cuando el número de espoletas varía de 1 á 535.

PRESIÓN DESARROLLADA

POR LA PÓLVORA Y DESCOMPOSICION DE LA MISMA.

43. Hay pocas cuestiones, como dice el capitán Noble, que hayan hecho nacer opiniones tan contradictorias como los fenómenos inherentes á la combustión de la pólvora. Respecto á la presión desarrollada, las apreciaciones son muy discordantes, varían desde 1000 atmósferas según Robins hasta 100000 según Rumford y aún si se prescinde de estas opiniones extremas para tomar las adoptadas en los manuales modernos como más dignas de confianza, la diferencia entre 2200 atmósferas que consigna Bloxam en su química orgánica é inorgánica y Owen en el tratado de Artillería, y las 29000 que consigna Piobert, es bastante grande para un hecho físico de tanta importancia.

Las opiniones sobre la descomposición de la pólvora, son casi tan variadas; pero como no tendría objeto el exámen de las diversas opiniones sobre el asunto; sólo consignaremos los resultados de las experiencias del Capitán Noble, que son las más modernas y que merecen entera confianza por la escrupulosidad con que se han llevado á cabo.

44. El Capitán Noble ha operado sobre las pólvoras si-

(1) Rifle.—Fine Grain, (rayado grano fino.)

(2) Fine Grain, (grano fino.)

guientes: Pébble, R. L. G, R. F. G (1) F G (2) y la pólvora esférica española.

La composición de dichas pólvoras se expresa en el estado número 1.

Se emplearon recipientes de dos magnitudes. El mayor tenía una capacidad de 2,25 libras (1 kilogramo), el otro de la mitad.

Los dos estaban contruidos del mismo modo, eran de acero dulce, templado al aceite, de gran solidez y en su interior se colocaba la carga destinada á hacer explosión (3). La carga guardaba una relación determinada con el peso de la pólvora que el recipiente podía contener:

$\frac{1}{10} \quad \frac{2}{10} \quad \frac{3}{10}$

etc. de este peso de pólvora.

Los resultados variaban algún tanto con la densidad media de los productos de la combustión. Para las pólvoras sometidas á las experiencias, fueron los que expresamos en el estado número 2.

Calculando el volumen gaseoso por los resultados del análisis, consignados en el citado estado, se tiene:

Clase de pólvora.	Densidad de los productos.	Volumen en cjm ³
PEBBLE	0'1	281
»	0'9	266
R. L. G.	0'1	269
R. L. G.	0'9	268
F. G.	0'2	267
F. G.	0'9	264

(1) y (2) Véase el pié de la página anterior.

(3) Para más detalles véase la memoria del autor ó su traducción francesa «Recherches sur les substances explosives, combustion de la poudre par MM. Noble et Abel.»

ESTADO NÚM. 1.

COMPONENTES POR 100.	PÓLVORA PEBBLE.	R. L. G.	R. F. G.	F. G.	ESFÉRICA ESPAÑOLA
Nitrato de potasio. . .	74'67	74'95	75'04	73'55	75'30
Sulfato de potasio. . .	0'09	0'15	0'14	0'36	0'27
Cloruro de potasio . .	»	»	»	»	0'02
Azufre.. . . .	10'07	10'27	9'93	10'02	12'42
Carbon. (	Carbono.	12'12	10'86	10'67	11'36
	Hidrógeno.. . . .	0'42	0'42	0'52	0'49
	Oxígeno.	1'45	1'99	2'66	2'57
	Cenizas	0'23	0'25	0'24	0'17
Agua.		0'95	1'11	0'80	1'48
					0'65

ESTADO NÚM. 2.

PÓLVORA PEBBLE.

1 gramo de pólvora, densidad media de los productos 0'1	Productos sólidos 0'5612	K^2CO^3	0'3115	1 Gramo de la mis- ma pólvora, densidad de los productos 0'9	Productos sólidos 0'5733	K^2CO^3	0'3680	Carbonato de potasio.
		$K^2S^2O^3$	0'1163			$K^2S^2O^3$	0'0761	Hiposulfito de potasio.
		K^2SO^4	0'0843			K^2SO^4	0'0523	Sulfato de potasio.
		K^2S	0'0416			K^2S	0'0220	Monosulfuro de potasio.
		KCNS	0'0005			KCNS	0'0033	Sulficianuro de potasio.
	Productos gaseo- sos 0'4388	KNO^3	0'0027		Productos gaseo- sos 0'4267	KNO^3	0'0025	Nitrato de potasio.
		$(NH^4)^2CO^3$	0'0009			$(NH^4)^2CO^3$	0'0007	Carbonato de amonio.
		S	0'0034			S	0'0484	Azufre.
		H^2S	0'0134			H^2S	0'0086	Acido sulfídrico.
		CO	0'0519			CO	0'0362	Oxido de carbono.
	Productos gaseo- sos 0'4388	CO^2	0'2577		Productos gaseo- sos 0'4267	CO^2	0'2711	Anhidrido carbónico.
		H	0'0007			H	0'0005	Hidrógeno.
		N	0'1151			N	0'1090	Nitrógeno.
						CH^4	0'0013	Gas de los pantanos.
1'0000		1'0000		1'0000		1'0000		

PÓLVORA R. L. G.

I gramo de pólvora, densi- dad media de los pro- ductos 0'1	Productos sólidos 0'5722	K^2CO^3	0'3007	I gramo de la mis- ma pólvora, densi- dad de los productos 0'9	Productos sólidos 0'5714	K^2CO^3	0'3755
		$K^2S^2O^3$	0'1166			$K^2S^2O^3$	0'0491
		K^2SO^4	0'1171			K^2SO^4	0'0487
		K^2S	0'0230			K^2S	0'0413
		KCNS	0'0000			KCNS	0'0021
	Produc- tos gaseo- sos 0'4278	KNO^3	0'0032		Produc- tos gaseo- sos 0'4286	KNO^3	0'0011
		$(NH^4)^2CO^3$	0'0003			$(NH^4)^2CO^3$	0'0009
		C	0'0072			C	0'0000
		S	0'0041			S	0'0527
		H^2S	0'0166			H^2S	0'0077
	1'0000	CO	0'0303		1'0000	CO	0'0356
		CO^2	0'2597			CO^2	0'2750
		CH^4	0'0006			CH^4	0'0015
		H	0'0005			H	0'0003
N		0'1201	N	0'1085			
1'0000		1'0000		1'0000		1'0000	

PÓLVORA F. G.

1 gramo de pólvora, densidad media de los productos 0'2	Productos sólidos 0'5817	K ² CO ³	0'3454	1 gramo de la mis- ma pólvora, densidad de los productos 0'9	Productos sólidos 0'5780	K ² CO ³	0'2928
		K ² S ² O ³	0'0308			K ² S ² O ³	0'1495
		K ² SO ⁴	0'1409			K ² SO ⁴	0'1060
		K ² S	0'0298			K ² S	0'0154
		KCNS	0'0001			KCNS	0'0014
	Productos gaseo- sos 0'4183	KNO ³	0'0005		Productos gaseo- sos 0'4220	KNO ³	0'0015
		(NH ⁴) ² CO ³	0'0009			(NH ⁴) ² CO ³	0'0002
		C	0'0000			C	0'0000
		S	0'0333			S	0'0112
		H ² S	0'0154			H ² S	0'0117
	1'0000	CO	0'0416		1'0000	CO	0'0252
		CO ²	0'2512			CO ²	0'2738
		CH ⁴	0'0000			CH ⁴	0'0003
		H	0'0010			H	0'0005
N		0'1091	N	0'1105			
1'0000		1'0000		1'0000		1'0000	

Los análisis permiten resumir como sigue los resultados generales que se deducen del examen de los productos gaseosos.

1.º Con todas las pólvoras, la proporción de anhídrido carbónico, crece con la presión de una manera marcada y constante.

2.º Con la pólvora Pebble y la pólvora F. G. el óxido de carbono decrece rápidamente á medida que la presión aumenta, y lo mismo sucede con la pólvora R. L. G., aunque la serie de los análisis muestra grandes variaciones.

3.º Las proporciones de ácido sulfhídrico y de hidrógeno producidas por todas las pólvoras, disminuyen algún tanto cuando las presiones aumentan, aunque la disminución no sea bien marcada ni regular.

La discusion completa de los resultados, nos llevaría demasiado lejos; los que deseen más detalles pueden consultar la memoria citada.

No puede expresarse ni aun por una ecuación química relativamente complicada, la naturaleza de la metamorfosis que sufre la pólvora de cañón cuando se determina la explosión en un espacio cerrado, pues dicha ecuación sólo serviría para dar una idea errónea de la naturaleza de los resultados químicos y de su uniformidad en diferentes condiciones.

Las experiencias hechas por la comisión inglesa de sustancias explosivas, con pólvoras de cañón de dicho país y de otras naciones cuya composición era muy diferente, han demostrado con evidencia, que la influencia ejercida sobre la acción de la pólvora, por variaciones relativamente considerables en la constitución de la referida sustancia, es comunmente muy pequeña comparada con los efectos que resultan de variaciones en las propiedades físicas.

No es pues de extrañar, que la pólvora F. G. que difiere físicamente mucho más que químicamente de la pólvora

R. L. G. empleada en las experiencias, presente diferencias marcadas, no sólo respecto á las proporciones de los productos de la explosión, sino, como después veremos, respecto á las presiones que desarrolla en condiciones semejantes.

45. Posteriormente MM. Noble y Abel, han rectificado los resultados que acabamos de consignar, borrando de entre los productos sólidos, el hiposulfito de potasio, que figura en el estado anterior y en los de los diversos autores que se han ocupado de la cuestión. M. Berthelot había hecho observar, antes de la rectificación, que este compuesto no podía ser un producto inicial de la descomposición de la pólvora, en atención á que á la temperatura de 450° próximamente se descompone por el calor.

Poco tiempo después, M. Debus confirmó esta opinión de M. Berthelot, probando que el hiposulfito que se hallaba, debía atribuirse en su mayor parte á la reacción del sulfuro de potasio sobre el óxido de cobre que se emplea en los análisis para separar el azufre del sulfuro alcalino.

DETERMINACIÓN DIRECTA DEL VOLUMEN GASEOSO.

46. MM. Noble y Abel determinaron por tres experiencias el volumen gaseoso desarrollado en la combustión de 386'2 gramos de pólvora Pebble y encontraron respectivamente:

1.^a 105357'8 cjm cúbicos. á 0° y á la presión 0'76.

2.^a 105716'2 » » »

3.^a 107335'8 » » »

Estableciendo el resultado por 1 gramo de pólvora, se tiene:

1. ^a	275'4	centímetros cúbicos.
2. ^a	273'7	»
3. ^a	277'9	»

Promedio. . 275'68 »

La combustión de igual cantidad de pólvora R. L. G. dió los siguientes resultados:

1. ^a	106080'4	centímetros cúbicos á 0° y á 0'76
2. ^a	103676'5	»
3. ^a	104606'7	»

O sea para 1 gramo.

1. ^a	274'7	»
2. ^a	206'45	»
3. ^a	270'86	»

Promedio. . 271'34 »

Idéntica cantidad de pólvora F. G. desarrolló respectivamente los siguientes volúmenes gaseosos:

1. ^a	99694'9	cm cúbicos á 0° y á 0'76 metros.
2. ^a	101372'3	»
3. ^a	99164'8	»
4. ^a	100289'0	»

O sea para 1 gramo.

1. ^a	258'1	»
2. ^a	262'4	»
3. ^a	256'8	»
4. ^a	259'68	»

Promedio. . 259'20 »

Los resultados de estas experiencias muestran que la cantidad de gases permanentes desarrollados por 1 gramo de

pólvora Pebble ó de R. L. G. es próximamente de 276 centímetros cúbicos á 0° C y á 0'76 metros de presión, es decir que ocupan á esta temperatura y presión, próximamente 276 veces el volumen primitivo de la pólvora quemada.

El volumen desarrollado por la pólvora F. G. es menor, y la diferencia es demasiado grande para que pueda atribuirse á errores de observacion.

ESTADO DE LOS PRODUCTOS SÓLIDOS EN EL MOMENTO DE LA EXPLOSIÓN Ó POCO TIEMPO DESPUÉS.

47. Abiertos los cilindros en donde hacían explosión las cargas, un atento exámen de su contenido evidenció que en todos los casos, poco tiempo después de la explosión los productos sólidos estaban en estado líquido. No era posible abrir el cilindro cuando estaban aún en este estado; pero sin necesidad de ello, se tuvieron indicaciones importantes sobre el estado del contenido en diferentes períodos después de la explosión.

En una de las experiencias los $\frac{2}{3}$ del cilindro estaban llenos de pólvora F. G.: 30 segundos después de la explosión se inclinó el vaso 45° y 2 minutos después se le volvió á su posición primitiva.

Examinado el depósito se vió que se encontraba en el ángulo de 45° y que sus bordes eran perfectamente limpios.

En otra experiencia los $\frac{3}{4}$ del cilindro estaban llenos de pólvora R. L. G.; se le dejó 1 minuto en reposo después de la explosión; después se le colocó bruscamente bajo el ángulo de 45°; trascurridos 45 segundos se volvió á su primera posición.

Abierto el cilindro se vió que en el momento de la inclinación, el depósito había empezado á solidificarse, pues había en la superficie una costra delgada, que el depósito más fluido de la parte inferior había roto y atravesado. El depósito ocupaba una posición inclinada á 45° , pero la costra que el líquido había atravesado, había quedado suspendida.

Así, en esta experiencia 1 *minuto* después de la explosión los productos no gaseosos habían empezado á solidificarse y 45 segundos después estaban en estado sólido.

En otra experiencia el cilindro estaba completamente lleno de pólvora Pebble: se dió fuego y 1 minuto después de la explosión se colocó el cilindro á 45° , cada 15 segundos se cambió la posición de este. Se comprobó que 60 y 75 segundos después de la explosión, el depósito estaba perfectamente líquido pues cada movimiento del cilindro, se acusaba por una ligera capa de depósito. A los 90 segundos estaba algo vizcoso y á los 105 apenas podía moverse.

En esta experiencia trascurrió mas de 1 minuto 45 segundos antes de la solidificación de los productos no gaseosos.

La conclusión que se deduce de estas experiencias es que poco tiempo después de la explosión, los productos no gaseosos están reunidos en estado líquido en el fondo del vaso en donde se ha hecho la explosión, y que transcurre algun tiempo antes de que estos productos se solidifiquen.

VOLUMEN DE LOS PRODUCTOS SÓLIDOS.

48. Se hizo una série de experiencias para determinar el espacio ocupado por los productos sólidos de la combus-

tión, á temperaturas poco lejanas de 0°. Los resultados fueron los siguientes:

1. ^a	264'29 g. de pólvora	R L G	76'46 cent, ³	á 0°
2. ^a	»	F G	67'26	»
3. ^a	393'98	R L G	123'12	»
4. ^a	386'21	F G	115'34	»
5. ^a	»	R L G	110'81	»
6. ^a	»	Pebble	111'78	»
7. ^a	»	R L G	105'30	»
8. ^a	»	F G	108'54	»

Refiriendo estos resultados á 1 gramo de pólvora se vé que en estas diferentes experiencias, los productos sólidos que resultan ocupan espacios respectivamente iguales á

1	0'3105
2	0'2731
3	0'3125
4	0'2987
5	0'2869
6	0'2894
7	0'2726
8	0'2810
Promedio	0,2906

El residuo sólido de 1 gramo de pólvora ocupa un volumen próximamente de 0'29 centímetros cúbicos.

DILATACIÓN PROBABLE

DE LOS PRODUCTOS NO GASEOSOS ENTRE CERO
Y LA TEMPERATURA DE EXPLOSIÓN.

49. Se colocaron varios crisoles, que contenían el resí-

duo de la descomposición de la pólvora, en un horno de gas Siemens cuya temperatura se calculaba en 1700°C .

El modo como se condujeron fué siempre el mismo. Al principio se produjo una pequeña crepitación debida probablemente al escape del agua evaporada, esta efervescencia disminuyó pronto y las materias quedaron tranquilas y solo al fin de la experiencia se observó una volatilización muy ligera.

Después de haber retirado los crisoles del horno en el que habian permanecido un cuarto de hora, se observaron sin dificultad, los volúmenes de sus contenidos á dicho alto grado de calor.

La contracción durante el enfriamiento fué muy considerable. Las materias se solidificaron á una temperatura comprendida entre 700° y 800°C . Cuando el todo se hubo enfriado se midió la dilatación sufrida.

Un crisól dió una dilatación de 77.8 por 100 , entre 0 y 1700°C .; otro, en que se había colocado carbonato de potasio y mono-sulfuro de potasio, una dilatación de 93.3 por 100 y otro que contenía residuos de la descomposición de la pólvora sufrió una dilatación más considerable, más de 100 por 100 ; pero este último resultado no se tomó en consideración por impedir un hilo de platino colocado en su interior, para comprobar la temperatura del horno, la medida exacta de la dilatación.

TENSIÓN DE LA PÓLVORA DE CAÑÓN EN VASOS CERRADOS.

50. MM. Noble y Abel se propusieron determinar con toda la exactitud posible no solo la tensión de la pólvora

cuando llenaba completamente el espacio que hacía explosión, sinó la ley segun la que la tensión varia con la densidad.

Como la densidad gravimétrica varia con cada especie de pólvora, se creyó más conveniente referir la presión á la gravedad específica del agua tomada por unidad, en vez de referirla como se hacía antes, al peso de la pólvora que llenaba completamente el vaso.

En estas experiencias se empleó el crusher como aparato indicador de presiones, y en el siguiente estado, se consig-nan los resultados obtenidos.

Densidad de la carga.	Pebble y R L G	F G
0'1	231'k5	231'k5
0'2	513' 4	513' 4
0'3	839' 4	839' 4
0'4	1220' 5	1219' 0
0'5	1683' 6	1667' 8
0'6	2266' 3	2208' 0
0'7	3006' 5	2883' 6
0'8	3942' 0	3734' 1
0'9	5112' 1	4786' 1
1'0	6567' 3	6066' 5

Considerando las presiones deducidas de dichas experien-cias, podria creerse que sus valores deben variar por un incremento considerable de las cargas; pero no es así, pues se observa que las presiones obtenidas en varias experien-cias en que las cargas eran 226g8y 443⁵23 de pólvora R L G y 443'3 de pólvora Pebble y en todas la densidad media de los productos 0'900; fueron 5434 kilogramos por centímetro cuadrado, 5260, 4997 y 5507, que se diferencian poco aun-que la carga en el primer caso era la mitad de la de las otras experiencias.

PRESIÓN INTERIOR EN VASOS CERRADOS DEDUCIDA DE CONSIDERACIONES TEÓRICAS.

51. Las investigaciones que se han descrito prueban que en el momento de la explosión ó un pequeño instante después, la descomposición de una carga dada, 1 gramo por ejemplo, de pólvora como la que se experimentó, produce los siguientes resultados:

1.º 43 por 100 próximamente en peso de gases permanentes que ocupan un volumen en números redondos de 280 centímetros cúbicos á la temperatura de 0° C y presión 0.76 m.

2.º 57 por 100 próximamente en peso de productos no gaseosos que ocupan un volumen de 0.3 cm cúbicos á 0° C.

Si se supone que las condiciones que existen poco tiempo después de la explosión, existen también en el momento de ésta, las experiencias permitirán calcular la temperatura de los productos de la explosión, el volumen ocupado por los gases permanentes y la presión en el interior del vaso cerrado.

A	B
E	F
H	G
D	C

Representemos por ABCD el interior del vaso de capacidad v , en que se hace la explosión.

Por CDEF el volumen de una carga dada de pólvora, colocada en el vaso.

Por CDHG el volumen (supuesto igual á vad siendo a una constante) ocupado por los productos no gaseosos en el momento y á la temperatura de la explosión

Por d la relación del volumen CDEF á la capacidad ABCD.

Para nuestro objeto es completamente indiferente que supongamos los productos no gaseosos reunidos en el fondo del vaso como en la figura, ó mezclados con los gases permanentes y en estado de división muy fina.

Las condiciones en el momento de la explosión son: espacio $CDHG = vad$ ocupado por el residuo líquido, y el $ABHG = v(1 - ad)$ ocupado por los gases permanentes.

Puesto que la tensión de los gases permanentes varía en razón directa de su densidad, tendremos, representado por p la presión y por D la densidad.

$$p = RD$$

en la que R es una constante.

Supongamos un incremento de carga explosiva en la cámara; la densidad de los gases permanentes aumenta, no sólo por la cantidad más considerable de gases desarrollados, sino porque dichos gases están encerrados en un espacio menor.

El residuo líquido aumenta con la carga y por consiguiente D varía como la relación

$$\frac{vad}{v(1-ad)} = a \frac{d}{1-ad}$$

y como a es constante, variará como

$$\frac{d}{1-ad}$$

tendremos pues

$$p = R' \frac{d}{1-ad}$$

de donde

$$R' = p \frac{1-ad}{d}$$

ó bien si p_0 y d_0 son valores correspondientes y conocidos de p y d

$$R' = p_0 \frac{1 - ad_0}{d_0}$$

por consiguiente

$$p = p_0 \frac{1 - ad_0}{d_0} \frac{d}{1 - ad} \quad (a)$$

En esta ecuación queda por determinar el valor de la constante a . Sean p_1 d_1 otros dos valores correspondientes de p y d , tendremos:

$$p_1 = p_0 \frac{1 - ad_0}{d_0} \frac{d_1}{1 - ad_1}$$

de donde

$$a = \frac{p_0 d_1 - p_1 d_0}{p_0 d_0 d_1 - p_1 d_1 d_0}$$

Verificando la sustitución numérica y efectuando los cálculos, se tiene próximamente

$$a = 0,65$$

Introduciendo este resultado en la ecuación (a) y tomando $d_0 = 0,6$ y p_0 el valor de la presión que le corresponde, que es 2266 kilogramos por centímetro cuadrado, se tiene:

$$p = 2266 \frac{1 - 0,65 \times 0,6}{0,6} \frac{d}{1 - 0,65d}$$

y efectuando los cálculos

$$p = 2304 \frac{d}{1 - 0,65d}$$

Sustituyendo en esta ecuación en vez de d ; 0,1, 0,2, 0,3, etc., se obtienen las magnitudes calentadas de p , que difieren poco de las obtenidas por observación directa.

DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA DESARROLLADA EN LA EXPLOSIÓN DE LA PÓLVORA.

52. Sabemos que la presión, el volumen y la temperatura están ligados por la ecuación:

$$p v = K T$$

en la que T es la temperatura absoluta, y K una constante; T será conocido cuando p v y K lo sean.

Si se supone $\alpha = 0.6$, se sigue que en la combustión de un gramo de pólvora, los productos gaseosos ocuparán un espacio de 0.4 centímetros cúbicos, si la pólvora llena enteramente la cámara en que está colocada. Por otro lado sabemos que los productos gaseosos de la combustión de un gramo de pólvora ocupan 280 centímetros cúbicos á la temperatura de 0° C. y bajo la presión barométrica 0.76 m.

Por consiguiente si los productos gaseosos á la temperatura de 0° C., están comprimidos en un espacio de 0.4 centímetros cúbicos, recordando que los volúmenes están en razón inversa de las presiones, tendremos

$$\frac{280}{0.4} = \frac{P}{1 \text{ atmósfera}}$$

de donde:

$$P = 700 \text{ atmósferas.}$$

Ahora bien el cero absoluto es igual á

$$274 \text{ (1) } v_0 = 0.4 \text{ } p_0 = 700 \text{ atmósferas } t_0 = 274$$

(1) En todo el presente cálculo MM. Noble y Abel toman el cero absoluto = -274; por esta razón lo consignamos también por no alterar las conclusiones de los autores.

sustituyendo estos valores en la ecuación

$$p_0 v_0 = K t_0,$$

tendremos

$$700 \times 0.4 = K 274,$$

de donde

$$K = 1.0219$$

por consiguiente

$$pv = 1.0219 \times T$$

La presión observada cuando la pólvora ocupaba todo el vaso, fué de 6357 atmósferas ó en números redondos de 6400 atmósferas; tomando este valor y $v = 0.4$ y sustituyendo en la ecuación anterior, tendremos

$$T = 2505^{\circ}$$

que representa la temperatura de explosión contada desde el cero absoluto.

Restando 274°C de esta temperatura, para contar la de explosión desde el cero ordinario, resulta; 2231°C para dicha temperatura.

Para comprobar este número, se hizo una série de experiencias que probaron que no debía diferenciarse mucho del verdadero.

Se introdujo un hilo de platino muy fino enrollado y una lámina delgada del mismo metal en una carga de pólvora. Despues de la explosión se encontró la hoja de platino fuertemente arrugada, pero no fundida. Examinándola con el microscopio se apercibieron signos evidentes de un principio de fusión en la superficie y se comprobó que una porción del hilo de platino se habia soldado á la hoja, y otra á las paredes del cilindro.

Sabemos que el platino se volatiliza prontamente cuando se expone al soplete de gas oxígeno é hidrógeno que desarrolla una temperatura de 3200°C próximamente: por con-

siguiente si la temperatura de explosión hubiese alcanzado este valor, el hilo fino de platino se hubiera volatilizado.

En otras dos experiencias se colocaron pedazos de hilo de platino de 0'75 mm de diámetro y de 100 milímetros de longitud en el seno de cargas considerables de pólvora. En ninguna se fundió el platino, si bien hubo signos de fusión en la superficie de los hilos. Sin embargo en una experiencia en que el hilo de platino se hallaba en medio de una carga de pólvora española de granos gruesos, el hilo de platino se fundió, casi todo. Es posible que los productos de esta pólvora alcancen una temperatura algo más elevada que las inglesas, pues su composición difiere bastante de la de las últimas.

En todas estas experiencias la temperatura desarrollada fué algo superior á la de fusión de platino, pues en todas hubo signos de fusión ya en la hoja, ya en los hilos de dicho metal; por consiguiente, puede afirmarse que la temperatura de explosión de la pólvora, es más elevada que la de fusión del platino, sin que haya gran diferencia.

Esta temperatura es según Deville próximamente de 2000°.

Hay pues fuertes razones para suponer que la temperatura teórica de la explosión, es suficientemente exacta.

CALOR DESARROLLADO POR LA COMBUSTIÓN DE LA PÓLVORA.

53. Para determinar el calor desarrollado por la explosión, se pesó una carga de pólvora que se colocó en un cilindro (uno de los mismos en que se habían hecho las anteriores experiencias), se mantuvo este durante algunas

horas en una cámara á una temperatura muy uniforme. Cuando el aparato estuvo completamente á la misma temperatura, se anotó ésta, se cerró el cilindro y se dió fuego.

Inmediatamente después de la explosión, el cilindro se colocó en un calorímetro que contenía un peso determinado de agua á una temperatura tambien determinada: se habia tenido cuidado de poner el vaso al abrigo de la radiacion.

Se agitó el líquido para mantener la uniformidad de la trasmisión del calor á través de toda la masa de agua y cada cinco minutos se anotó la indicación del termómetro hasta que alcanzó el máximo. Se continuaron las mismas observaciones durante el mismo espacio de tiempo, para determinar la pérdida de calor que habia sufrido el calorímetro por efecto de la radiacion y la cantidad así determinada se sumó á la temperatura máxima.

Las pólvoras empleadas fueron la R. L. G. y F. G., pero no se encontraron diferencias esenciales en las cantidades de calor desprendidas, no se estableció distinción especial entre las experiencias hechas con estos dos tipos de pólvora.

En cada una de las experiencias se quemaron 246'286 gramos de pólvora y después de hechas las reducciones necesarias, se encontró en una explosión; que la de 246'286 gramos de pólvora F. G., era suficiente para elevar 1° C la temperatura de 173077'4 gramos de agua; en otra, que la explosión de la misma cantidad de pólvora R. L. G., fué capaz de elevar 1° C. 172569 gramos de agua, y en otra que fué suficiente para elevar 1° C. 171500 gramos de agua. Expresando estos resultados de un modo diferente se vé que la combustión de 1 *grano* de pólvora desarrolla una cantidad de calor representada respectivamente por la elevación de

1 gramo de agua á las temperaturas de $702^{\circ}80$ C.— $700,069$ — $696^{\circ},50$.

En otras experiencias, la carga empleada fué de $393'978$ gramos de pólvora, y se encontró; en una, que el calor engendrado por la explosión de la pólvora F. G. era suficiente para elevar 1° C $277994'1$ gramos de agua, en otra la explosión de la misma cantidad de pólvora R. L. G. dió nacimiento á una cantidad de calor representada por la elevación de la temperatura de $278185'5$ gramos de agua á 1° C, es decir, que en estas dos experiencias, 1 gramo de pólvora engendró respectivamente $705'61$ y $706'09$ gramos calorías.

El promedio de todas las experiencias, es $702'34$ calorías, calor engendrado por la explosión de 1 gramo de pólvora.

Posteriormente han reconocido los autores que esta cifra era demasiado pequeña, y después de rectificar sus experiencias han publicado las siguientes:

Pólvora Pebble.	$721'4$ C.
R. L. G.	$725'7$
F. G.	$738'3$
Esférica española.. . . .	$767'3$

PÓLVORA DE NITRATO DE SODIO.

54. El nitrato de sódio es un oxidante tan energético como el de potasio y por ser más barato se ha creído podría sustituirle con ventaja en la fabricación de la pólvora; pero las elaboradas con dicho nitrato tienen el inconveniente de ser muy higrométricas y su conservación exige precauciones especiales; una que se fabricó en Bouchet á pesar de su es-

merada conservación solo conservaba á los dos meses un tercio de su fuerza primitiva. Si esta dificultad pudiese vencerse, las pólvoras de nitrato de sódio, según Berthelot, serían preferibles á las de potasio porque para la misma cantidad en peso, desarrollan mayor presión.

Las pólvoras de nitrato de sodio, deben desarrollar presiones mayores y una cantidad de calor mayor que el mismo peso de pólvora de potasio, pues la experiencia prueba que la sustitución del sodio por el potasio en una sal definida sea anhidra ó disuelta, dá lugar á un desprendimiento de calor casi constante cualquiera que sea la naturaleza de la sal. Ahora bien, el metal alcalino existe bajo la forma salina lo mismo en la pólvora que en los productos de la combustión (en la pólvora en forma de nitratos, en los productos en forma de sulfatos y carbonatos) y por consiguiente su influencia casi se elimina al evaluar el calor desprendido por la combustión, cuando este se calcula para igual número de moléculas de las sales de potasio y sodio. En efecto, si la sustitución de un átomo de sodio por un átomo de potasio, se verifica con desprendimiento constante de calor, sea cualquiera la sal, el calor de formación de las de sodio, debe ser inferior en una cantidad dada á las de potasio, luego una molécula de la primera sal necesitará dicha cantidad menos de calor para descomponerse que una de la segunda y como sabemos que el calor de combustión es la diferencia entre los calores de formación de los productos del estado final é inicial, resultará respecto á las pólvoras de sodio, que habremos (tomando igual número de moléculas) disminuido en la misma cantidad minuendo y sustraendo, luego la diferencia no habrá variado; pero el peso atómico del sodio es inferior al de potasio ($Na=23$) ($K=39.1$) por consiguiente para tomar pesos iguales de las pólvoras que nos ocupamos, será

necesario tomar mayor número de moléculas de la sal de sodio que de la de potasio y de aquí mayor calor y mayor volumen gaseoso á igualdad de peso.

La pólvora de nitrato de sodio se ha aplicado en grande en los trabajos del Istmo de Suez.

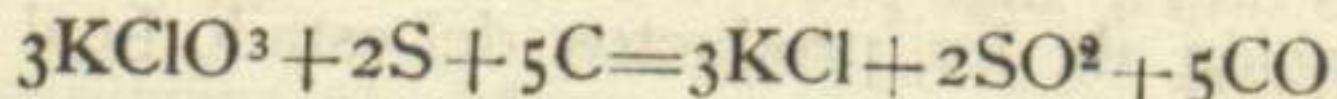
PÓLVORAS DE CLORATO DE POTASIO.

55. Los primeros ensayos de esta pólvora se deben á Bertholet. Se obtiene pulverizando separadamente el clorato de potasio, y mezclándolo en presencia del agua con el azufre y con el carbón pulverizados. Cosigny ha determinado las proporciones más ventajosas, que son:

Clorato de potasio.	75
Azufre.	12'5
Carbón.	12'5
	<hr/>
	100'0

Esta pólvora tiene una potencia mayor que la pólvora ordinaria; pero su fabricación y empleo son muy peligrosos; detona por el choque ó el rozamiento.

Berthelot admitía antes la siguiente ecuación de descomposición, cuyo primer miembro corresponde á las proporciones mencionadas:

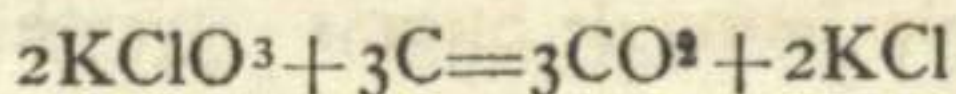


después ha reconocido que debía también formarse cierta cantidad de anhídrido carbónico que no aparece en la ecuación.

Como la descomposición sólo puede preverse en el caso de que la sustancia contenga suficiente oxígeno para quemar por completo los elementos, tomaremos únicamen-

te en consideración, con objeto de comparar las mezclas de clorato y sustancias combustibles, con las de éstas y nitrato; mezclas de combustión total.

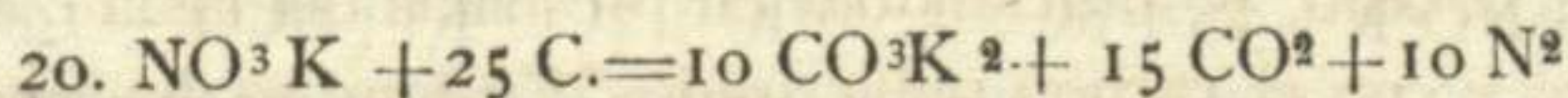
Clorato mezclado con carbón.



El calor desarrollado, se eleva á 302'8 Calorias á presión constante y á 304'5 á volumen constante, ó sea por kilógramo 1076'8 Calorias á presión constante y 1083 á volumen constante.

El volumen gaseoso reducido á 0 y á la presión normal es de 66'96 litros ó sea por kilógramo 238.

Nitrato con carbón.

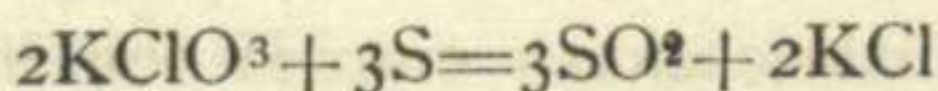


que representa 2322 gramos de materia.

La reacción desprende 1815 Calorias á presión constante 1828'6 Calorias á volumen constante, ó sea por kilógramo 781'6 á presión constante, 787 á volumen constante.

El volumen gaseoso desarrollado es igual á 558 litros, y por kilógramo á 240 litros.

Clorato con azufre.

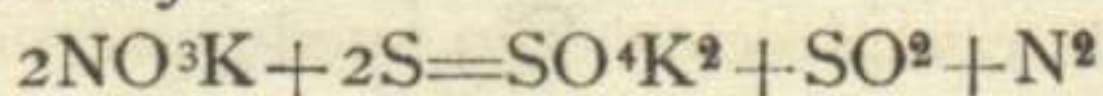


que representa 341'2 gramos de materia.

El calor desarrollado es de 228'4 Calorias bajo presión constante, 230'1 Calorias bajo volumen constante, sea por kilógramo 669'4 bajo presión constante, 674'4 bajo volumen constante.

El volumen gaseoso es de 66'96 litros y por kilógramo 196'2.

Nitrato con azufre.



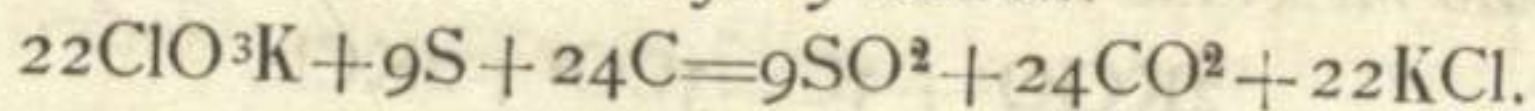
peso de la materia representada por la ecuacion 266,82.

Calor desarrollado 174 Calorias bajo presión constante,

175,1 Calorias bajo volumen constante. Por kilogramo 654 á presión constante, 658 á volumen constante.

Volumen reducido 44,64 litros y por kilogramo 168.

Clorato mezclado con azufre y carbón.

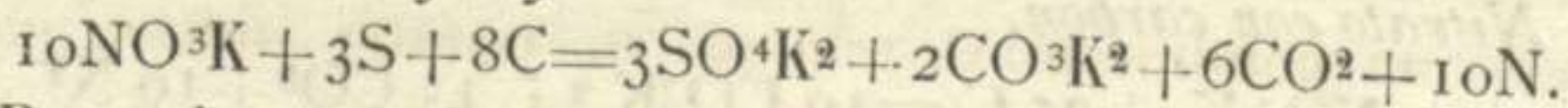


Peso de materia 3273'2 gramos.

Calor desprendido 3107'6 Calorias á presión constante, 3125'5 Calorias á volumen constante, ó por kilogramo, 949'4 á presión constante, 955 á volumen constante.

Volumen gaseoso reducido á 0° y á la presión normal 736'6 litros y por kilogramo 225.

Nitrato con azufre y carbón.



Peso de materia representada por la ecuación 1139 gramos.

Calor desarrollado 959'4 Calorias á presión constante 968 á volumen constante. Por kilogramo 841 bajo presión constante, 850 bajo volumen constante.

Volumen gaseoso 245'5 litros; por kilogramo 216'9.

RESUMEN.

	Calor por kilogramo.		Volumen por kilogramo	
Clorato con carbon.	1083	C	238	lts.
Nitrato con carbon.	787	»	240	»
Clorato con azufre.	674,4	»	196,2	»
Nitrato con azufre.. . . .	658	»	168	»
Clorato con azufre y carbon. . . .	955	»	225	»
Nitrato con azufre y carbon. . . .	850	»	216,9	»

Se vé por este estado que los valores correspondientes á las pólvoras de clorato son superiores á los de las pólvoras de

nitrate y por esto, las presiones ejercidas por las primeras, son superiores á las que pueden desarrollar las segundas; pero estas ventajas no compensan el gran peligro que envuelve su fabricación y manejo. Cuando hablemos de la dinamita y algodón pólvora, veremos que el volumen gaseoso y el calor desarrollados por estas sustancias, son muy superiores á los obtenidos por las pólvoras de clorato de combustión total, y como las manipulaciones con dichas explosivas son menos peligrosas, se comprende que las de clorato se hayan excluido del uso. Sólo pueden ofrecer ciertas ventajas, por su fácil inflamación, empleándolas como cebos.

Un fabricante alemán, de productos químicos, llamado Hochstadter, inventó, para que pudiera usarse en las armas, un compuesto de clorato de potasio, que tenía la ventaja de presentar mayor seguridad que los compuestos conocidos de la misma sal. Empleaba con este objeto papel sin cola que recubría con una capa delgada de una mezcla compuesta de clorato de potasio, carbón pulverizado y una pequeña cantidad de sulfuro de antimonio. Estos ingredientes se mezclaban humedecidos y se añadía un poco de cola, almidón ú otra sustancia aglutinante que fijaba la capa sobre el papel, este se sometía á una fuerte presión, se arrollaba y en esta forma se dejaba secar. Se obtenían así unos rollos rígidos de una sustancia explosiva que ardía vivamente al aire libre y que desarrollaba una fuerza explosiva superior á la de la misma carga de pólvora ordinaria.

Esta sustancia no tenía el defecto, como los otros compuestos de clorato de potasio, de detonar por los efectos del choque, pero los ensayos que se hicieron con ella, probaron que tenía una acción propulsiva poco uniforme y que por consiguiente no podía convenir para las armas de guerra. Es difícil conseguir que la capa de materia explosiva colo-

cada sobre el papel sea homogénea y por lo tanto muy difícil comprobar el peso de la materia activa, por el de la sustancia.

PÓLVORAS DIVERSAS DE NITRATO DE SODIO Ó CLORATO DE POTASIO.

Pólvora de mina Delset.

Nitrato de sodio.	52'5
Azufre.	20
Tanino.. . . .	27'5
	<hr/>
	100'0

El tanino se impregna con una disolucion de salitre, se mezclan las sustancias y se dejan secar.

PÓLVORA DE OXLAND.

Nitrato de sodio (purificado). .	85
Azufre.	16
Carbon de madera.	18
Lignito	20

Robert y Dale añaden al nitrato de sodio 18 0/0 de sulfato de sodio, destinado á absorber la humedad atraida por el nitrato.

PÓLVORA SCHWARTZ.

Nitrato de potasio.	56'2
Idem de sodio.	18'1
Azufre.	9'6
Carbón.. . . .	15'0
Humedad.	1'0
	<hr/>
	99'9

PÓLVORA DE BUDENBERG.

	A	B
Nitrato de potasio.	30	38
Idem de sodio.	40	40
Azufre.	12	8
Carbón de madera	8	7
Lignito.	4	3
Tartrato de sodio y de potasio	6	4
	<hr/>	<hr/>
	100	100

Esta pólvora arde sin explosión al aire libre, da poco humo y tiene la misma fuerza que la pólvora ordinaria.

SAXIFRAGINA.

Esta mezcla debida al Capitán Wynands, se compone de

Nitrato de bario.	76
Idem de potasio.	2
Carbón de madera.. . . .	22
	<hr/>
	100

PÓLVORA NUMEYER Y KLEIN.

Salitre.	72
Azufre.	10
Carbón de madera.	12
Lignito.	6
	<hr/>
	100

Las materias se mezclan durante 15 minutos con 40 0/0 de agua y se seca la mezcla. Esta pólvora arde al aire libre sin explosión y la fuerza que desarrolla en una mina es comparable con la de la pólvora ordinaria.

PÓLVORA ARGENDRE.

Clorato de potasio.. . . .	2 partes.
Azúcar	2 »
Ferrocianuro de potasio. . .	1 »

Esta pólvora se fabrica en seco, mezclando las materias anteriormente pulverizadas. Es una pólvora rompedora que no atrae la humedad y desarrolla una fuerza considerable; pero hace explosión por el choque.

Pohl indica las siguientes proporciones:

Clorato de potasio.. . . .	49
Azúcar.	23
Ferrocianuro de potasio. . . .	28
	<hr/>
	100

Puede reemplazarse el azúcar por el almidón.

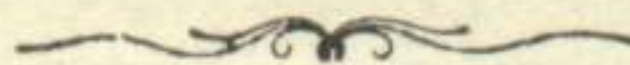
PÓLVORA FEHLEISEN Ó HALOXYLINA.

Es una pólvora de mina que arde lentamente al aire y no se inflama por chispas ni por el choque.

Sus efectos son superiores á los de la pólvora ordinaria.

Su composición es la siguiente:

	1. ^a	2. ^a
	<hr/>	<hr/>
Carbón de madera.	3	5'2
Celulosa.. . . .	9	15'5
Nitrato de potasio.	45	79'3
Ferrocianuro de potasio.. .	1	»
	<hr/>	<hr/>
	58	100'0

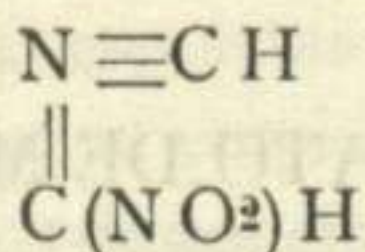


CAPÍTULO III.

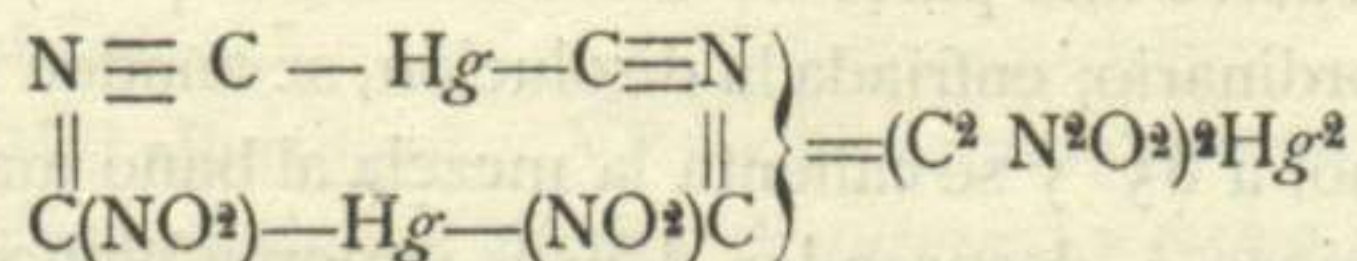
FULMINATOS.

56. Los fulminatos son combinaciones del ácido fulmínico con un metal, Mr. Kekulé, asigna á dicho ácido la constitución $C(NO^2)CNH^2$ y le hace derivar del gas de los pantanos CH^4 , suponiendo que dos átomos de hidrógeno han sido reemplazados respectivamente por NO^2 y CN .

En atención á propiedades generales de los fulminatos (1) la constitución del ácido fulmínico, puede expresarse:



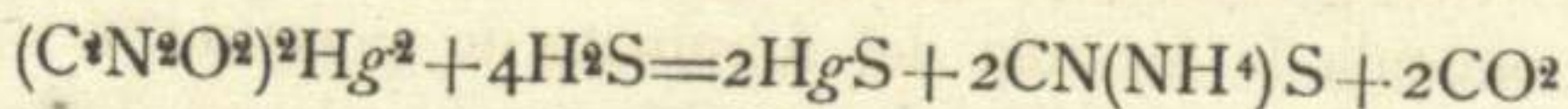
Los dos átomos de hidrógeno son reemplazables de modo que la fórmula química del fulminato de mercurio, que la sal para nosotros mas importante, será:



Todos los fulminatos detonan por el calor, por la percu-

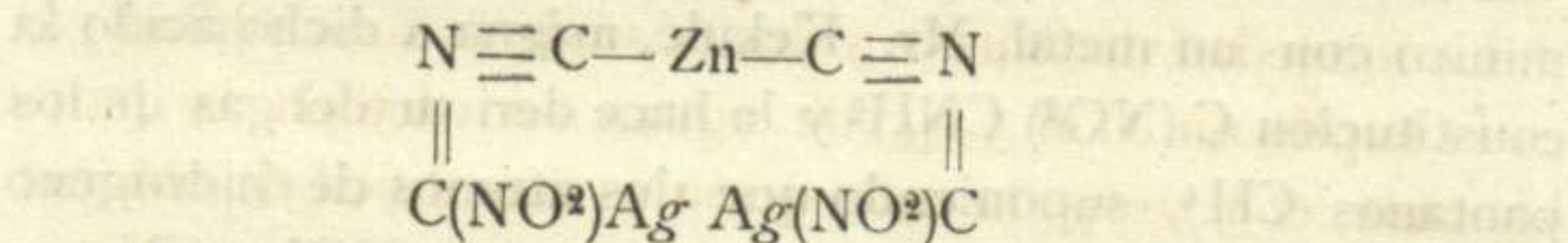
(1) Dictionnaire de chimie par A. D. Wurth.

sión y por el ácido sulfúrico concentrado. Tratados por el ácido sulfhídrico, dan sulfocianato de amonio y anhídrido carbónico.



Hervidos con potasa, cal, ó barita; dan óxido del metal que contienen y se forma al mismo tiempo una pólvora que al parecer es un fulminato en que el metal alcalino ha reemplazado á la mitad del metal primitivo.

El zinc, el cobre y el hierro, sustituyen al metal del fulminato; el zinc, solo sustituye comunmente á la mitad del mercurio ó de la plata y dá un compuesto de la siguiente fórmula:



No se conoce el ácido fulmínico ó sea el fulminato de hidrógeno en libertad.

FULMINATO DE MERCURIO.

57. Howard descubrió esta sal en 1800. Para prepararla, se disuelve una parte de mercurio en 12 partes de ácido nítrico ordinario; enfriada la disolución, se añaden 11 partes de alcohol á 85° y se calienta la mezcla al baño maría, hasta que empiece á desprender densos vapores blancos; entonces se saca del agua y la reacción continúa con efervescencia y copioso desprendimiento de vapores. Si aparecen vapores rojos se debe echar alcohol para contener la violencia de la reacción.

La operación debe verificarse á un fuego moderado y bajo un chimenea que tire bien. Cuando el líquido aparece claro y no desprende vapores, se llena la vasija con agua dulce.

Conocida la fórmula del fulminato de mercurio, es fácil averiguar la cantidad de esta sal que puede producir un peso determinado de mercurio. Si hacemos el sencillo cálculo para 1 gramo de metal, encontraremos 1'42 de fulminato; pero en la práctica siempre resulta una cantidad menor.

La obtenida diferentes veces en la Escuela de Torpedos por el método descrito ha sido 1,19.

El fulminato de mercurio detona á 195°. Seco se debe manejar con las mayores precauciones, pues detona fácilmente por el choque y el rozamiento.

La humedad disminuye y hasta anula la sensibilidad para la explosión. Con 5 % de agua, solo detona la parte chocada, con 10 %, la detonación es mas difícil de obtener y se produce casi sin ruido.

Se emplea puro ó mezclado con otras materias en la fabricación de cápsulas, estopines de percusión y fricción.

En la fabricación de las espoletas destinadas á producir la explosión de los torpedos, se emplea puro. La operación de cargar los tubos metálicos de aquellas, es peligrosa si se emplea el fulminato seco; para evitar todo riesgo, se humedece con 3 % próximamente de agua de goma y sólo se emplean en las manipulaciones instrumentos de madera blanda, papel ó pluma.

58. MM. Berthelot y Vieille han publicado en el tomo 21 de la 5.^a serie de los *Anales de química y física*, un estudio completo de dicha sustancia. Dicho estudio abraza los puntos siguientes;

1.º Determinación de los productos de la explosión del fulminato.

2.º Determinación del calor desarrollado durante la ex.

plosión del fulminato puro, del que se deduce el calor de formación.

3.º Densidad del fulminato de mercurio.

4.º Presión desarrollada por la explosión en vasos cerrados, con distinta densidad de carga ó detonando en su propio volumen.

El fulminato que se empleó en las experiencias, se extrajo de las cápsulas reglamentarias en el servicio de Ingenieros, que contienen 1'5 gramos de sustancia explosiva.

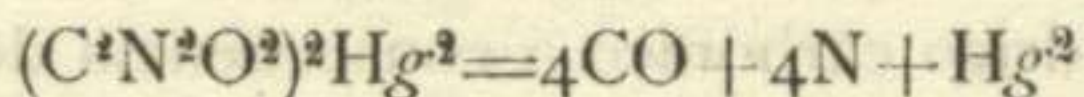
3'502 gramos de este fulminato mantenidos tres horas y media en una estufa á 50^o perdieron solamente 0'002 gramos. Este fulminato se consideró como seco.

59. GASES DESARROLLADOS.—La explosión del fulminato se verificó en un tubo de acero. Se dispusieron 3 gramos de fulminato en un pequeño cartucho de papel de estaño que se suspendió en el centro del tubo. La inflamación se produjo por la incandescencia de un hilo metálico producida por una corriente eléctrica. El tubo de acero estaba lleno de nitrógeno puro y seco á una temperatura y presión rigurosamente determinadas. Después de la explosión se midió el volumen de gas desarrollado, obteniéndose en cinco experiencias números que variaron entre 230 y 238 c/m³ para 1 gramo de fulminato. Estos gases contienen en 100 volúmenes

CyH + CO ² .	0'15
C O	65'70
N.	32'28
H (1).	1'87
	<hr/>
	100'00

(1) Este hidrógeno probablemente es accidental, y proviene, al parecer, de las materias grasas empleadas para lubricar las uniones del tubo.

Resulta de estos datos que el fulminato se descompone segun una reacción muy simple, en óxido de carbono nitrógeno y mercurio, despreciando la pequeña cantidad de C_7H y de CO^2 :



La detonación del fulminato no produce ningun compuesto susceptible de disociación notable (1) en las condiciones de la experiencia, por consiguiente, no puede verificarse ninguna combinación gradual durante el período del enfriamiento que produzca el sostenimiento de la presión. Esto explica lo brusco de la explosión del fulminato que aun lo sería más, si la condensación del vapor de mercurio no proporcionase cierta cantidad de calor al final del enfriamiento.

60. CALOR PRODUCIDO.—Las experiencias se practicarón teniendo el tubo de acero sumergido en un calorímetro lleno de agua para poder medir el calor desarrollado, en las mismas condiciones de la descomposición analizada. Se halló por 1 gramo 0,4035 Calorias (promedio de 5 experiencias) y por 568 gramos peso proporcional á una molécula 229'19 Calorias.

61. CALOR DE FORMACIÓN.—Es fácil deducir de lo que precede el calor de formación del fulminato de mercurio.

$(C^2N^2O^2)^2Hg^2$ absorbe $103'2-229'19=-125'99$ Calorias.

Esta cantidad es negativa como debia esperarse. El calor desprendido en la descomposición del fulminato resulta de dos causas, á saber: la separación de los elementos y la

(1) Despreciando las trazas de disociación que el óxido de carbono manifiesta al rojo, y que produce, según Sainte Claire Deville, cantidades apenas perceptibles de carbono y anhídrido carbónico.

simultánea combustión del carbon por el oxígeno, que produce el óxido de carbono.

Estos resultados se han obtenido en vasos cerrados y en una atmósfera de nitrógeno.

En contacto del aire ó en un vaso que contenga este gas, se forma anhídrico carbónico á consecuencia de la combustión total ó parcial del óxido de carbono. Este desprende 272'8 Calorias que sumadas con las 229'19 anteriores, hacen un total de 501'99, suponiendo la combustión total, pero esta cantidad suplementaria de calor, no interviene en los efectos del choque inicial, porque resulta de una combustión consecutiva.

Lo contrario sucede cuando se mezcla el fulminato con el clorato de potasio ó con el nitrato que tiene igualmente por efecto trasformar el óxido de carbono en anhidro carbónico que se efectua con un desprendimiento de calor de 516 calorias con el clorato, y 459 con el nitrato.

El desprendimiento de calor es mayor que el que produce el fulminato puro, pero el choque inicial es menor por efecto de los fenómenos de disociación, debidos al anhidrido carbónico. Los efectos de la mezcla de estas pólvoras son por consiguiente menos bruscos. La temperatura desarrollada es también menor, por repartirse el calor entre las masas mas considerables de los productos.

62. DENSIDAD.—La evaluación de las presiones ejercidas en contacto, por el fulminato de mercurio, exige el conocimiento de la densidad que se halló igual á 4'42.

63. TENSION DESARROLLADA EN VASOS CERRADOS.—Las presiones desarrolladas se midieron con el *crusher*. En la misma cámara se introdujeron cantidades crecientes de materia explosiva. La relación entre el peso del explosivo y el volumen interior de la cámara, es lo que se llama, como se sabe, densidad de carga.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes: (1)

Densidad de carga	Peso del fulminato.	Presión en kilogramos por centím. ² cuadrado.
0'1.	2'43 gramos.	477
0'2.	4'86 »	1730
0'3.	7'39 »	2697
0'4.	9'72 »	4272

Aunque las acciones locales sean mas violentas con el fulminato que con las materias explosivas ordinarias, no puede sacarse la consecuencia que lo mismo debe suceder con las presiones medias desarrolladas bajo una densidad dada de carga. El algodón pólvora, por ejemplo, segun las experiencias de MM. Sarrau y Vieille, desarrolló en las mismas condiciones las siguientes presiones próximamente dobles de las anteriores:

Densidad de carga.	Presión en kilogramos por centímetro cuadrado.
0'1.	1085
0'2.	3120
0'3.	5575
0'4.	8745

Estas relaciones están de acuerdo con las cantidades de calor y los volúmenes de gas producidos por los dos explosivos.

En general no es el volumen de gas desprendido ni la cantidad de calor desarrollada, lo que imprime al fulminato su caracter propio y sus ventajas específicas. En efecto, la mayor parte de los explosivos desarrollan mayor volumen

(1) Estos resultados deben reducirse próximamente á la mitad, según la teoría de los *crushers* de MM. Sarrau y Vieille.

gaseoso y una cantidad mayor de calor. La superioridad de potencia del fulminato, se manifiesta en las acciones ejercidas en contacto superiores á las producidas por cualquier sustancia explosiva conocida. Esta superioridad proviene de tres causas, á saber: Casi instantaneidad de descomposición de este cuerpo por simple inflamación, ausencia casi total de disociación de los productos y gran densidad de la materia. Los productos definidos de la reacción se forman súbitamente, antes que la materia haya tenido tiempo de adquirir un volumen muy superior al que ocupaba en su estado sólido primitivo, por esto si detona en un recipiente en contacto con la pared, desarrolla sobre esta, una presión instantánea que no guarda relación alguna con la presión media que se obtendría en el mismo recipiente si no hubiera estado en contacto. La desarrollada por la detonación del fulminato en su propio volumen es próximamente de 27000 kilogramos por centímetro cuadrado, según las indicaciones de los *crushers*.

Ya hemos dicho que el fulminato de mercurio es muy apropiado para determinar la detonación tan distinta de la inflamación propiamente dicha y que es indispensable para que la dinamita y algodón pólvora puedan desarrollar toda su potencia.

NITRATO DE DIAZOBENZOL.

64. MM. Berthelot y Vieille han publicado en el tomo 27 de la 5.^a série de los Anales de química y física, el estudio de dicha sustancia del que extractamos lo siguiente:

El nitrato de diazobenzol $C^6H^4N^2NO^3H$ se prepara tratando el nitrato de anilina puro por el ácido nitroso. Se to-

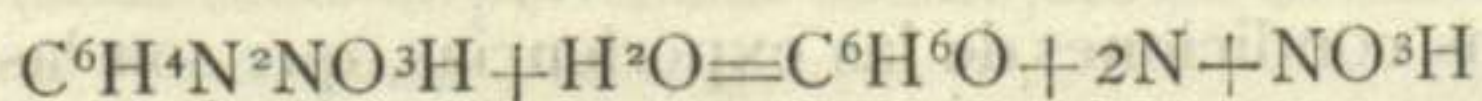
man 5 ó 6 gramos de nitrato de anilina puro, se machacan con un poco de agua y se forma una papilla que se coloca en un tubo rodeado de una mezcla frigorífica. Se hace llegar una corriente lenta de ácido nitroso, se agita sin cesar y se evita con cuidado el aumento de temperatura. El líquido toma desde luego un intenso color rojo y después un matiz mas claro. La corriente de ácido nitroso se detiene tan luego como empieza á desprender nitrógeno. Se añade al líquido un volumen igual al suyo de alcohol y después un esceso de éter que precipita el nitrato diazobenzol. Se lava sobre una tela con éter puro, se prensa y seca en el vacío desprovisto de humedad.

El nitrato de diazobenzol es sólido, cristalizado, bien definido y se ha propuesto como cebo. Es muy empleado en la industria para la fabricación de materias colorantes.

65. ESTABILIDAD.—El nitrato de diazobenzol colocado al aire seco y al abrigo de la luz, ha podido conservarse sin alteración durante dos meses y aun más. Expuesto á la luz, toma un color rosa y después se vá alterando aun que lentamente.

Esta alteración es mucho más marcada bajo la influencia de la humedad, el compuesto adquiere desde luego el olor del fenol, después se hincha, y se pone negro. Es suficiente proyectar el aliento sobre el compuesto para que enrojezca.

En contacto con el agua, se destruye inmediatamente, desprendiendo nitrógeno, fenol y otros diversos productos.



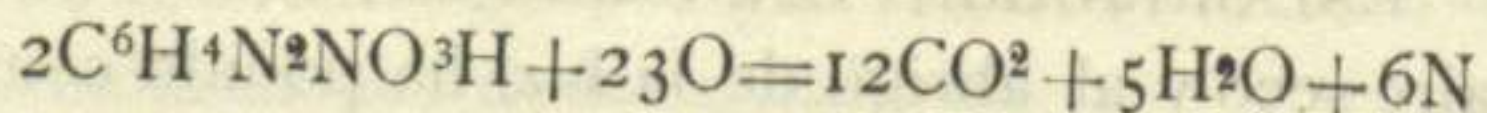
El nitrato de diazobenzol es tan sensible al choque como

el fulminato de mercurio. Detona por un rozamiento poco enérgico y por el choque de un martillo.

Por el calor, detona con extrema violencia á partir de 90°. A temperatura inferior, cuando se calientan pequeñas porciones se descompone poco á poco sin detonación. Asi el nitrato de diazobenzol es mucho más sensible al calor que el fulminato de mercurio cuya temperatura de deflagración es próximamente de 195°.

66. DENSIDAD.—La densidad del nitrato de diazobenzol se ha hallado igual á 1'37, próximamente un tercio de la del fulminato.

67. CALOR DE COMBUSTIÓN TOTAL.—Esta combustión se provocó en una bomba calorimétrica por la ignición galvánica de un hilo de platino. Desprende por 334 gramos 1567,8 Calorias. La reacción puede representarse por la ecuación siguiente:



68. CALOR DE FORMACIÓN.—El calor de formación del nitrato de diazobenzol se deduce de la cifra precedente, absorbe —94,8 Calorias por 334 gramos.

Esta cifra hace comprender las propiedades explosivas tan características del compuesto.

69. CALOR DE DETONACIÓN Y VOLUMEN GASEOSO.—El nitrato de diazobenzol desarrolla en su detonación una cantidad de calor igual á +114'8 Calorias á volumen constante, por 167 gramos.

El volumen gaseoso hallado experimentalmente, fué de 136'6 litros, por igual cantidad.

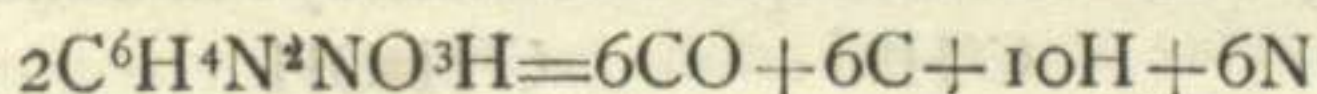
En las condiciones de las experiencias, que son las de pequeña densidad de carga, dichos gases presentan la composición siguiente:

CNH.	4,4.	3,20
CO.	66,4.	48,65
CH ⁴	2,9.	2,15
H.	37,9.	27,70
N..	25,0.	18,30
	<hr/>	<hr/>
	136,6	100,00

Los gases producidos representan 75,9 por 100 del peso de la materia.

El residuo sólido contiene próximamente la mitad del peso del carbón.

70. ECUACIÓN DE DESCOMPOSICIÓN.—Despreciando los productos secundarios, la reacción principal se reduce á la siguiente:



71. TENSION EN VASOS CERRADOS.—Las presiones desarrolladas por la sustancia, se midieron con el crusher y se obtuvieron los resultados siguientes:

Densi- dad de carga.	Peso de la carga.	Presión en kilgs. por centímetro cuadrado.	Presión con el fulminato.
0'1.	2'37.	990.	480 (1)
0'2.	4'74.	2317.	1730
0'3.	7'11.	4581.	2700

En todas estas experiencias con objeto de evitar los efec-

(1) Estos números deben reducirse próximamente á la mitad, según lo manifestado en la nota anterior.

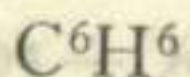
tos locales, la carga estaba suspendida en la parte centra del vaso.

Las presiones del nitrato de diazobenzol son muy superiores á las que desarrolla la detonación del fulminato de mercurio, para la misma densidad de carga.

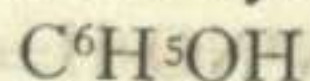
Por el contrario, el fulminato al detonar en su propio volumen, desarrolla una presión mucho mayor, 27000 kilogramos en vez de 7600.

PICRATO DE POTASIO.

72. Se sabe que los fenoles derivan de un hidrocarburo aromático por la sustitución de un oxihidrilo á un átomo de hidrógeno del núcleo que lo constituye la bencina.



Bencina



Fenol.

Aunque cada hidrocarburo aromático puede dar origen, á radicales fenólicos y á varios isómeros, sólo nos referiremos al que acabamos de consignar.

Dicho fenol, llamado también alcohol fénico, ácido fénico, ácido carbólico, hidrato de fenilo, proviene de los aceites de la hulla obtenidos por la destilación del alquitrán producido en la preparación del gas del alumbrado; de aquí su nombre de hidrato de fenilo ó ácido fénico tomado de un verbo griego que significa *alumbrar*.

73. Laurent indica el siguiente método de preparación: Se someten á la destilación fraccionada los aceites que provienen del alquitrán de la hulla, recogiendo la parte que destila entre 150° y 200°. Se mezcla con una disolución saturada en caliente de potasa cáustica ó de sosa, se añade potasa ó sosa y se agita fuertemente. Desde luego el aceite

toma un estado pastoso, se decanta la parte líquida, y la sólida se disuelve en agua caliente. Se forman dos capas, una ligera y aceitosa, que se separa y otra acuosa y más pesada, que se satura con ácido sulfúrico ó clorhídrico. En el licor ácido sobrenada un aceite que puesto en digestión con el cloruro de calcio fundido se somete á destilaciones fraccionadas, recogiendo la parte que pasa entre 186 y 195°. Se obtiene así fácilmente una materia aceitosa blanca que enfriada lentamente no tarda en solidificarse.

74. Tratado el fenol por el ácido nítrito uno ó varios átomos de hidrógeno son reemplazados por el radical nitrilo NO^2 . Las propiedades ácidas de estos productos, se pronuncian mas y mas á medida que es mayor el número de átomos reemplazados; así el nitro-fenol $\text{C}^6\text{H}_4(\text{NO}^2)\text{OH}$, el binitro-tenol $\text{C}^6\text{H}_3(\text{NO}^2)^2\text{OH}$, el trinitro-tenol (ácido pícrico) $\text{C}^6\text{H}_2(\text{NO}^2)^3\text{OH}$, son verdaderos ácidos que descomponen los carbonatos y forman con todas las bases, sales definidas.

El ácido pícrico se presenta bajo la forma de una masa cristalina compuesta de láminas amarillas que se disuelven difícilmente en agua fría y con facilidad en agua hirviendo ó alcohol; se funde á 117° y hace explosión cuando se calienta rápidamente. Las sales que forma son igualmente explosivas, la de potasio $\text{C}^6\text{H}_2(\text{NO}^2)^3\text{OK}$ es la mas fácil de preparar por ser poco soluble en el agua.

75. Detona bajo la influencia de una temperatura superior á 300°, detona también por el simple contacto de un cuerpo en ignición, y por el choque, lo que hace su manejo muy peligroso. En estado seco, su polvo ténue y ligero puede inflamarse á distancia y provocar la detonación de toda la masa de que emana.

76. El picrato de potasio, como acabamos de decir, es muy sensible al choque. La adición de 15 % de agua le quita esta sensibilidad.

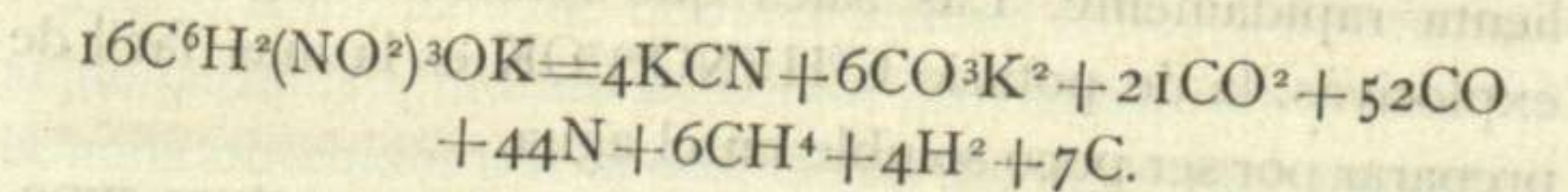
77. Los productos de su descomposición varía con las condiciones en que se verifica.

MM. Sarrau y Vieille han estudiado la cuestión y obtenido los siguientes resultados para las densidades de cargas que se expresan.

	DENSIDAD DE CARGA.		
	0,023	0,3	0,5
	Lits.	Lits.	Lits.
CNH.	1,98	0,32	0,31
CO ²	10,66	13,37	20,48
CO.	62,10	59,42	50,88
CH ⁴	0,17	2,38	5,39
H.	10,31	6,77	2,68
N.	16,88	17,74	18,26
Volumen gaseoso por kilogramo.		574,1	557,9

El residuo sólido está formado de carbonato y cianuro de potasio con trazas de carbón.

78. Con la densidad de carga 0,5 la reacción se aproxima á la fórmula siguiente, dada por Berthelot.



El calor desarrollado, según esta ecuación, es de 217,7 Calorías por un peso en gramos proporcional á una molécula de picrato descompuesta, ó 815 Calorías por kilogramo.

Volumen gaseoso 146,5 litros por molécula y 549 por kilogramo.

79. Como vemos por la ecuación anterior, el carbón sufre una combustión incompleta; por consiguiente la incorporación de una sustancia oxidante podrá aumentar los efec-

tos que se obtienen con el picrato. Considerémosle mezclado con el clorato á pesos iguales.

Esta mezcla desarrolla, por kilogramo, 1214 Calorias, 333 litros de gases y una presión superior en un tercio, á la que puede producir el picrato.

Mezclado con el nitrato de potasio, en proporciones tales que se produzca la combustión completa, desarrolla por kilogramo 997 Calorias, 326 litros de gases y una presión próximamente igual á la del picrato sólo.

80. Designolles propuso las siguientes pólvoras de picrato de potasio.

	PARA TORPEDOS.		PÓLVORA DE CAÑA	
	A.	B.	C.	D.
Picrato de potasio.	55	50	16'4	9'6
Carbón.	»	»	9'2	10'7
Salitre.	45	50	74'4	79'7
	100	100	100,0	100,0

Las experiencias practicadas con ellas han demostrado que su uso podria ser ventajoso para la carga de los torpedos y proyectiles huecos.

PICRATO DE AMONIO.

81. El picrato de amonio presenta algunas propiedades diferentes de las del picrato de potasio, se funde y arde bajo la influencia del calor sin hacer explosión y es poco

sensible á la acción del choque. Su manejo es pues menos peligroso que la sal de potasio.

Brugère en Francia y Abel en Inglaterra han propuesto emplearle mezclado con salitre. La pólvora Brugère se compone de

Picrato de amonio.	54
Salitre.	46
	—
	100

Esta pólvora es muy poco sensible al choque y al rozamiento, sometida á la acción de una llama, arden solo los puntos que estan en contacto con la misma, sin que la combustión se propague.

Su explosión desarrolla una fuerza considerable, doble de la de la pólvora ordinaria.

CLORURO DE NITRÓGENO.

82. El cloruro de nitrógeno se forma cuando se hace pasar una corriente de cloro á través de una disolución de cloruro de amonio ó de otra sal amoniaca. Para prepararle se llena una probeta de gas cloro y se coloca invertida sobre una cápsula que contenga una disolución concentrada de sal amoniaco, la disolución absorbe poco á poco al cloro y sube en la campana. En su superficie aparecen unas gotitas oleaginosas que después de haber adquirido ciertas dimensiones caen al fondo de la cápsula. Una temperatura de 30° favorece mucho la reacción.

Una corriente eléctrica de suficiente intensidad, descompone una disolución concentrada de sal amoniaco y produce

cloruro de nitrógeno. Si la disolución se cubre con una capa de esencia de trementina, las gotitas de cloruro de nitrógeno que se forman, arrastradas á la superficie del líquido por el desprendimiento de gas que acompaña á su formación, se descomponen al encontrar á la esencia y producen pequeñas detonaciones.

El cloruro de nitrógeno es un líquido oleaginoso, amarillo, de olor irritante, su densidad es de 1'653; detona con extrema violencia.

Las explosiones producidas por el cloruro de nitrógeno son muy peligrosas. Dulong, sufrió la mutilación de los dedos y tuvo la vista comprometida por una explosión de esta sustancia.

83. El trabajo máximo que el cloruro de nitrógeno puede desarrollar es inferior al de la pólvora ordinaria. Este resultado parece oponerse á lo manifestado respecto á los terribles efectos producidos por la explosión de la sustancia que nos ocupa. Berthelot atribuye esta contradicción á la naturaleza de los productos de la explosión y á la completa ausencia de todo compuesto susceptible de disociación. La presión inicial alcanza desde luego su máximo y rinde inmediatamente todo el trabajo de que es susceptible. La presión decrece bruscamente, sin que ninguna cantidad nueva de calor producida durante el período de descenso, intervenga para moderar la caída rápida de las presiones; estas circunstancias son eminentemente favorables para la rotura de los vasos, que contienen al cloruro de nitrógeno.

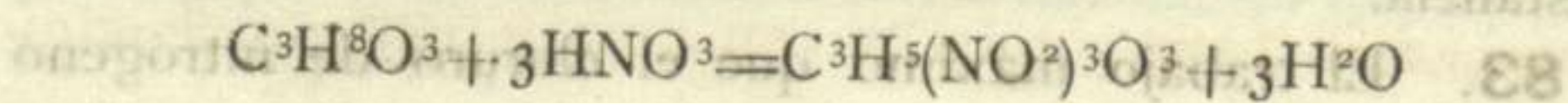
NITROGLICERINA.

84. La nitroglicerina es una de las sustancias explosi-

vas mas enérgicas. Se obtiene tratando la *glicerina* por el ácido nítrico á una baja temperatura.

La glicerina es un alcohol triatómico que deriva del hidrocarburo C^3H^8 . Su fórmula es pues $C^3H^5(HO)^3$. Se obtiene saponificando los cuerpos grasos por el óxido de plomo; cuando la reacción ha terminado, se decanta y se elimina el exceso de plomo por el hidrógeno sulfurado, se filtra y se evapora al baño maría hasta que presente la consistencia de jarabe.

85. Al tratar la glicerina por el ácido nítrico, tres átomos de hidrógeno se reemplazan por tres nítrilos. La reacción puede expresarse por la siguiente ecuación.



Varios son los procedimientos para la preparación de la nitroglicerina; para obtener pequeñas cantidades puede seguirse el de Sobrero, descubridor de esta sustancia.

Se mezclan 2 volúmenes de ácido sulfúrico á 66° con un volumen de ácido nítrico á 50° Baumé. Enfriada la mezcla, se echa gota á gota próximamente $\frac{1}{6}$ de su volumen de glicerina concentrada y neutra. Se agita el líquido rápidamente y si la temperatura se eleva demasiado, se suspende la adición de glicerina. El líquido se enturbia y se ven reunirse en la superficie gotas amarillentas. Se deja algunos minutos para que se verifique la reacción y se echa el todo en 15 ó 20 veces su volumen de agua fría. La nitroglicerina se deposita inmediatamente en el fondo del vaso. Se decanta y lava el producto hasta que las aguas no presenten reacción ácida y se seca en el vacío de la máquina neumática.

Durante el sitio de París, Champion y Pellet ensayaron diferentes procedimientos y adoptaron el siguiente que permite obtener rápidamente cantidades bastante considera-

bles de nitroglicerina. En un vaso de cristal, se echan 100 gramos de la mezcla ácida de Kopp (1) y después 16'60 g. de glicerina á 31° B procurando que esta caiga lentamente en el vaso deslizándose sobre la pared interior del mismo. Se agita fuertemente durante algunos segundos y se echa rápidamente el contenido del vaso en otro lleno de agua en cuyo fondo se reúne la nitroglicerina. Operando de este modo la formación de la nitroglicerina es tan rápida que la temperatura no tiene tiempo de elevarse hasta el punto en que empieza su descomposición.

86. El método siguiente propuesto en 1876 por H. Boutmy y L. Faucher, tiene también por objeto oponerse á la descomposición de una parte de la nitroglicerina por la elevación de temperatura. Se empieza por preparar el ácido sulfoglicérico tratando á 30° la glicerina por tres veces su peso de ácido sulfúrico á 66° B; enseguida se hace una mezcla de ácido sulfúrico á 66° B y de ácido nítrico á 48° B. Cuando ambos productos están fríos, se mezclan de modo que se realicen las siguientes proporciones:

Glicerina..	100
Ácido nítrico.	280
Ácido sulfúrico.	600

Esta mezcla sólo eleva la temperatura 10 ó 15° y la reacción necesita 24 horas para terminarse. La nitroglicerina forma una capa sobre los ácidos de los que puede separarse por decantación y lavarse con facilidad.

87. Según Nobel se obtiene una mezcla muy conveniente para la preparación de la nitroglicerina, disolviendo

(1) 3 partes de ácido sulfúrico fumante á 66° B y 1 parte de ácido nítrico fumante á 49 ó 50° B.

una parte de nitrato de potasio en tres partes y media de ácido sulfúrico de peso específico 1'83. Cuando la disolución se enfría á 0°, cristaliza la sal formada, lo que permite por una decantación hecha con cuidado, obtener el ácido que ha quedado libre. Si al ácido así preparado se añade glicerina gota á gota, se forma inmediatamente la nitroglicerina, que se separa por medio del agua y después se lava. La mezcla ácida que queda, terminada la reacción, es ácido sulfúrico á 50 ó 60° B con 14 por 100 de cuerpos nitrosos.

88. De la memoria sobre torpedos escrita por el Teniente Coronel de Artillería de la Armada D. Arístides Fernández y Fret, copiamos el procedimiento empleado en la estación de torpedos de New-Port, debido á Mr. Moubray.

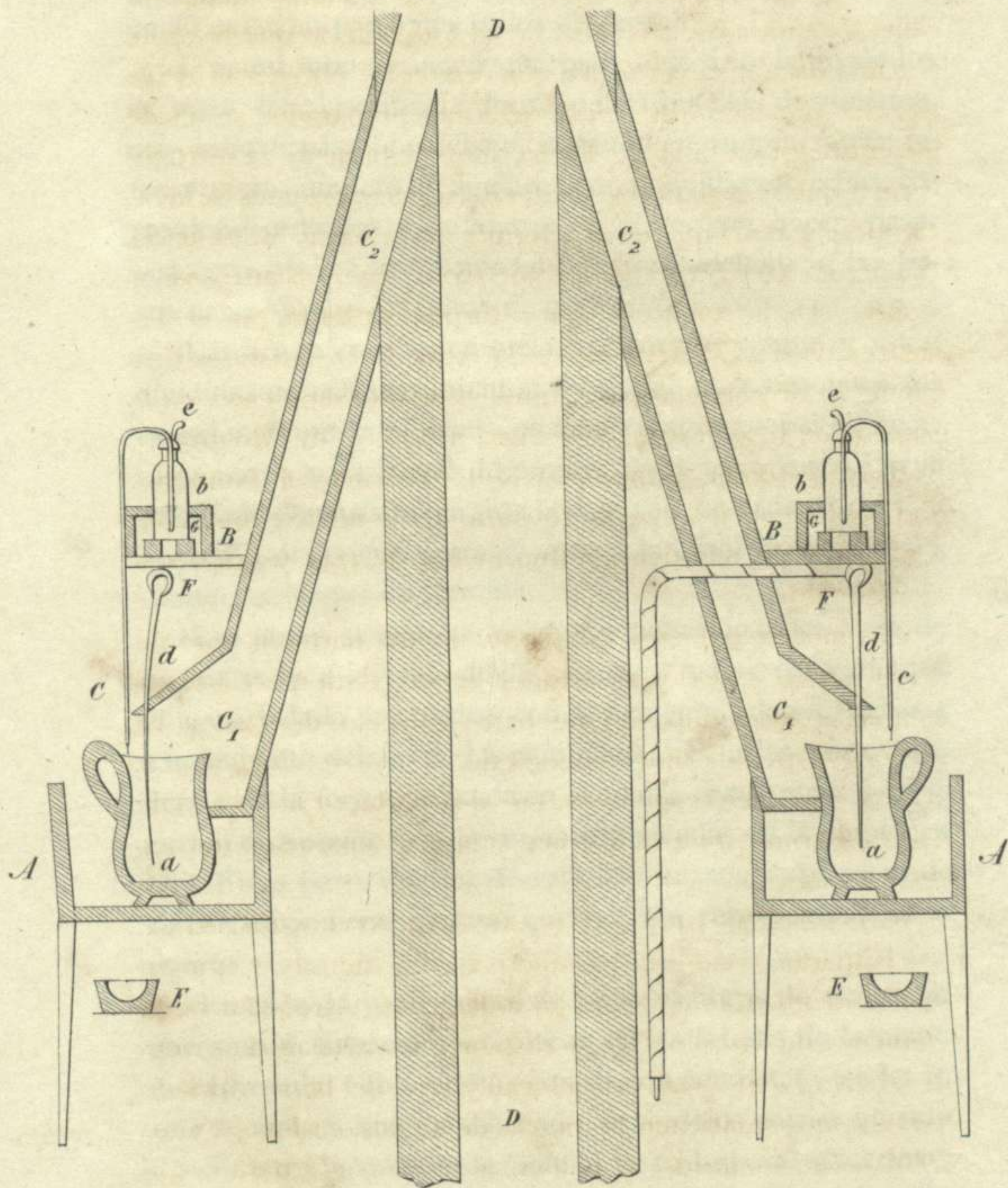
«Los materiales empleados son: glicerina del comercio, que por lo regular es bastante pura, ácido nítrico muy concentrado y de una densidad no menor de 1'45 y ácido sulfúrico anhidro.

»La mezcla ácida se compone, de una parte en peso de ácido nítrico y de dos de ácido sulfúrico. Esta mezcla se coloca en un gran depósito de barro vidriado, del cual se vá sacando á medida que es necesario.

»La fabricación se divide en dos partes: 1.^a conversión de la glicerina en nitroglicerina, y la 2.^a, separación del ácido y lavado.

»CONVERSIÓN DE LA GLICERINA EN NITROGLICERINA.
—El aparato está representado en las figuras 1.^a, y 2.^a siendo idéntica la notación en todas ellas. Alrededor de la chimenea de ladrillo *DD* se disponen las artesas de madera *AAA.....* en éstas se colocan jarros de barro vidriado *a a a.....* que contienen la mezcla de ácidos, en los estantes *BBB* sobre los jarros, se hallan las botellas *bbb* para la glicerina; éstas se cierran, sin ajustar con tapones de madera de cabeza ancha, perforados según su eje, por donde pasan

Fig.^a 1^a



con holgura las cuñas cónicas de madera *ee* y los tubos de goma *ccc*, que llegan hasta el fondo de las botellas y llevan en su extremo pequeños tubos de cristal.

» *G* es un tubo de vapor que pasa todo á lo largo de los estantes *BB*, justamente detrás de las botellas de glicerina; otro tubo *F* pasa por debajo, llevando en su generatriz inferior cierto número de agujeros con boquillas estrechas, correspondiendo dos á cada jarro, y sirve para hacer pasar una corriente de aire, como se dirá más adelante; á las boquillas se ajustan los tubos de goma *dd*.

» Las artesas contienen hielo machacado y agua y están divididas en compartimientos, formando en las esquinas los espacios *ff*, que contienen únicamente agua, por si es necesario usarla para llenar de pronto algun jarro que se haya calentado demasiado durante la reacción: en cada artesa hay un tubo por el que corre el agua á la canal *E* de desagüe: cuando la operación termina.

» Los jarros se apoyan sobre pequeños listones á fin de que no toquen al fondo de las artesas y así se consigue que el agua helada los rodea completamente, deben hallarse exactamente debajo de las campanas *C, C₂* estas son de madera y de la forma indicada en la figura encastrando por su extremo superior en aberturas practicadas en la chimenea *DD*. En la parte inferior de esta hay un hogar, provisto de su correspondiente puerta, que no está representada en la figura.

» En cada jarro se echan de 18 á 20 libras de ácido, segun su concentración; se colocan en las artesas de la manera expresada, cubriéndolos con discos de cristal y se les rodea de agua y hielo machacado, dejándolos enfriar un rato.

» Se introduce en cada botella dos libras de glicerina y cuando los ácidos han adquirido la temperatura del medio que las rodea, se quitan las tapas de los jarros y colocan

dentro los tubos ventiladores que pasan por agujeros correspondientes practicados en las campanas C, C₂: se hace circular por ellos una corriente de aire por medio de una bomba movida á vapor, con lo que se consigue mantener el líquido en continua agitación. El aire inyectado por la bomba ha de ser seco y frío; para lo primero, se le extrae de una gran caja cerrada, en cuyo fondo se coloca un baño de plomo conteniendo ácido sulfúrico, y en el que se halla sumergido un serpentín plano del mismo metal con muchos agujeros pequeños en su superficie; el extremo interior, está cerrado, y el otro sobresale un poco del nivel del ácido, pasando por uno de los costados de la caja al aire libre.

» Tan luego como la bomba empieza á funcionar, la atmósfera exterior trata de llenar el vacío hecho en la caja, y como tiene que pasar por el serpentín, sale por los agujeros de este y atraviesa la capa de ácido sulfúrico, que le priva de su humedad. No es absolutamente necesario secar el aire, pero sí muy conveniente, tanto más cuanto que el método, como se vé, es sencillo y poco costoso.

» El aparato refrigerante se compone de diez serpentines de plomo rodeados de hielo, ó mejor de hielo y sal; las espirales se arreglan de manera que proporcionen gran superficie de enfriamiento sin aminorar la corriente.

» Enseguida que el aire empieza á entrar en los jarros debe iniciarse el descenso de la glicerina. Cada tubo *c* es un sifón que se hace funcionar por succión colocando otro de cristal en su extremo exterior; cuando se vé que aquella corre sin dificultad, se quita el tubo de succión y se sustituye por otro de la misma materia, pero de punta muy fina, á fin de que la glicerina salga lentamente; en tiempo frío esta se pone pastosa y corre con dificultad, en cuyo caso se calientan las botellas, haciendo pasar vapor de agua por el tubo G que está detrás, hasta que adquiera la fluidez necesaria,

»Al ponerse la glicerina en contacto con los ácidos se verifica una reacción muy viva, con desarrollo de una cantidad considerable de calor que debe hacerse desaparecer, pues de otro modo la glicerina se oxida, dando lugar á la formación de otros cuerpos distintos del que se desea. Los límites de temperatura para la reacción son muy estrechos; empezándola á 0° centígrados no debe nunca exceder de los 8°, 88, y entre los 10 y 13° existe un gran peligro de que se inflame el contenido de los jarros; esto se evita por medio del agua de hielo de las artesas y el paso á través del líquido de la corriente de aire frío; de este modo se consigue, por una parte, que el calor generado en la reacción se transmita á la totalidad de la mezcla, impidiendo un aumento local de temperatura, y al mismo tiempo obliga á la glicerina á mezclarse lenta y gradualmente con los ácidos.

»Durante la operación debe observarse sin cesar la temperatura de los jarros, y si se nota que en algunos de ellos se eleva rápidamente, aproximándose al límite superior que hemos indicado, será que la glicerina corre muy de prisa, y se apretará un poco la clavija ó cuña correspondiente, á fin de que descienda con más lentitud. Si la temperatura llega á ser demasiado alta ó continua elevándose, se aprieta del todo la cuña para tapar por completo el tubo, con lo que se conseguirá el enfriamiento total á poco rato, y tan luego como el termómetro lo indica, se afloja aquella para continuar la operación. Por lo dicho se comprende el constante cuidado que este procedimiento requiere por más que sea sencillo y fácil de ser dirigido por cualquier operario inteligente.

»Cuando la temperatura de algunos de los jarros excede al límite superior citado, se inflama su contenido, lo que se revela por una copiosa evolución de vapores rojos, y algunas veces llama, entonces debe cerrarse la corriente de gli-

cerina se revuelve con fuerza el líquido, y si el fenómeno se desarrolla con mucha violencia, se le sumerge en agua con la rapidez posible.

»SEPARACIÓN Y LAVADO DE LA NITROGLICERINA.— Enseguida que toda la glicerina ha descendido á los jarros, la conversión es completa, pero habrá que separarla del ácido restante, que en su mayor parte es sulfúrico por haberse invertido el nítrico casi totalmente en la reacción, el ácido sulfúrico no toma parte en esta, sirviendo tan solo para absorber el agua que se vá formando.

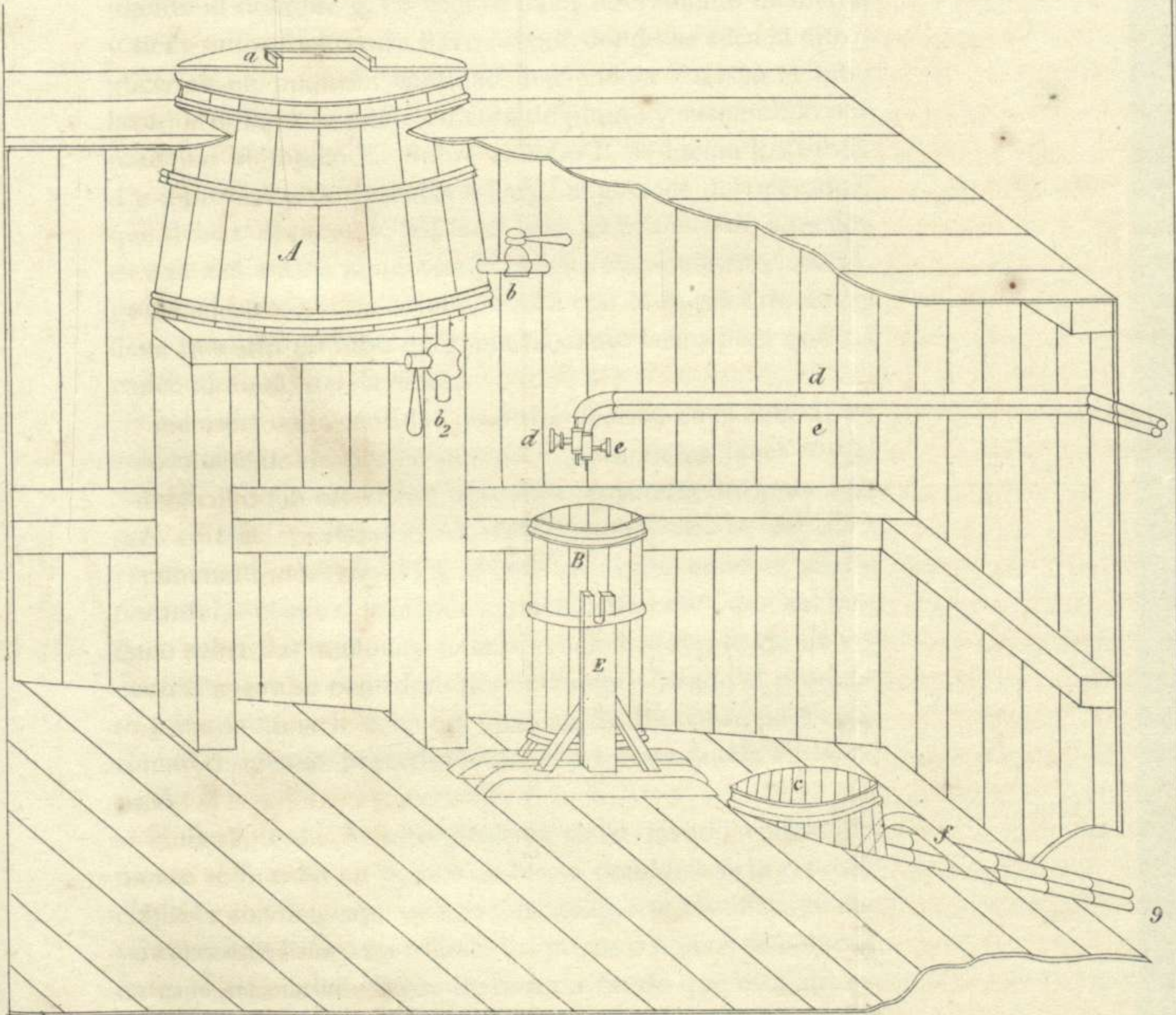
»La nitroglicerina se hallará, pues, parte en disolución, y parte en suspensión, pero al diluir el ácido, la que está disuelta se precipita, y la otra se deposita en el fondo.

»La figura 2.^a representa el aparato para la separación y lavado de la nitroglicerina, de madera en su totalidad, excepto las partes que indicaremos. En el suelo del taller donde se verifica la conversión se halla enterrada la tina A, que en la habitación de abajo se apoya sobre barrotes, como el dibujo indica.

»Se pone agua en ella, de modo que llene las tres cuartas partes de su capacidad y se la cubre con una tapa *a* que lleva en su centro una abertura cuadrada, donde se ajusta un colador de plomo.

«Por medio de un tubo de goma, en conexión con la bomba de aire, se hace pasar una corriente al fondo de la tina, á fin de agitar con violencia su contenido. Se quitan los jarros del aparato de conversión y se vierten por el colador de la tina donde por efecto de la agitación del agua se mezcla rápidamente con ella el líquido que contienen, se saca el tubo ventilador y se le deja reposar un rato, dando lugar á que la nitroglicerina se deposite en el fondo, y entonces se decanta el agua acidulada, para lo cual hay en la tina, á corta distancia del fondo, pero sobre el nivel de la sustancia ex-

Fig.^a 2.^a



ploxiva que cada operación puede producir, una llave de madera *b*, donde se ajusta un tubo de goma que conduce el líquido al desagüe *g*. La tina se halla ligeramente inclinada y tiene en su fondo otra llave *b*₂ por donde se saca la nitroglicerina en pequeña cantidad, haciéndola caer en el tubo lavador *B*, forrado interiormente de plomo y suspendido por muñones al marco *E*. Sobre el cubo *B* se hallan los tubos *d* y *e* provistos de válvulas ó llaves al alcance del operador, que debe colocarse de pie á su lado, el primero de aquellos es una cañería de agua donde se ajusta un pequeño tubo de goma; el otro está en comunicación con la bomba de aire y lleva también un tubo de goma bastante largo para que alcance al fondo del lavador.

»Se vierte una cantidad de nitroglicerina en el cubo *B*, se coloca el tubo de aire en su sitio y se abren las llaves *d* y *e*; cuando el cubo está lleno, se cierra la cañería del agua y se saca el tubo ventilador. La materia explosiva se deposita rápidamente en el fondo y al cabo de pocos minutos puede decantarse el agua, haciendo girar al cubo con mucho cuidado sobre sus muñones. Esta operación se repite varias veces hasta que se considere perfectamente lavado el producto y entonces se le echa en una caldera de cobre para continuar el mismo procedimiento con lo que queda en la tina *A*.

»Cuando toda la nitroglicerina se ha lavado suficientemente se le echa en pomos de barro, donde se deja reposar cubierta con una capa de agua, hasta que se clarifica, en cuyo caso está lista para usarse, los jarros ó pomos se colocan en cajas de madera llenas de tierra á fin de que ésta absorba cualquier cantidad del líquido detonante que pudiera derramarse.

89. PROPIEDADES DE LA NITROGLICERINA.—La nitroglicerina es un líquido oleaginoso, incoloro cuando el pro-

ducto es puro, pero generalmente un poco amarillo, de un sabor azucarado y al mismo tiempo ardiente y aromático. Su peso específico es 1'6. Recientemente preparada presenta un color blanco de crema opaco, pero dejándole reposar cierto tiempo, se clarifica y queda incolora.

La nitroglicerina es insoluble en el agua y soluble en el alcohol y en el éter. Expuesta á una baja temperatura cristaliza en agujas largas. Un pequeño choque produce su explosión.

Con objeto de hacerla inexplosiva, A. Nobel la disuelve en alcohol metílico (espíritu de madera.) Su disolución en 15 ó 20 por 100 de este último líquido, puede conservarse durante muchos años sin alteración de la nitroglicerina aunque esté ligeramente ácida. Añadiendo seis ú ocho veces su volumen de agua y agitando la mezcla, la nitroglicerina se precipita y basta decantar el líquido y secar aquella para poderla utilizar. Este procedimiento tiene varios inconvenientes expuestos por Ch. Seely: 1.º Precio del espíritu de madera y pérdida de nitroglicerina que resulta del lavado. 2.º La gran volatilidad de alcohol metílico es causa de que en parte se evapore y si no se tiene mucho cuidado puede llegar la nitroglicerina á no estar protegida por el líquido. 3.º Probabilidad de que se ejerza una acción química entre las dos sustancias. 4.º El espíritu de madera y su vapor son muy inflamables, y este último mezclado con el aire puede producir una mezcla explosiva. Wurtz, propone con igual objeto trasformar la nitroglicerina en una emulsión por medio de una disolución de nitrato de zinc, de calcio ó de magnesia de la misma densidad; cuando quiera emplearse la nitroglicerina, se mezcla la emulsión con agua, el aceite detonante se separa y por decantación pueden aislarse las materias extrañas.

La nitroglicerina sometida á la acción de los ácidos sulfú-

rico y nítrico concentrados se descompone. El agua regia la disuelve rápidamente alterándola. El ácido nítrico ordinario la descompone á 50° próximamente.

Las bases enérgicas tienen también la propiedad de descomponer la nitroglicerina. Esta misma acción se produce aunque lentamente en contacto con los metales fácilmente oxidables y muy rápidamente en presencia de los sulfuros de hidrógeno, sodio, potasio y amonio.

90. ACCIÓN DEL CALOR.—La nitroglicerina es poco volátil á la temperatura ordinaria. Calentándola con precaución puede volatilizarse sin descomposición; pero si empieza á hervir vivamente, se produce la detonación. Recientemente fabricada, cuando se halla aún en el estado de opacidad, no se congela sino á los 19° á 20° bajo cero; pero cuando está trasparente puede congelarse á unos 8° produciéndose una contracción de un 5 0/0.

Según las experiencias de P. Champión, la nitroglicerina se conduce de la manera siguiente, á diferentes temperaturas:

185° Ebullición, volatilización con desprendimiento de vapores amarillos.

194° Volatilización lenta.

200° Volatilización rápida.

217° Deflagración violenta.

228° Idem.

241° Explosión.

257° Detonación franca.

267° Explosión.

287° Explosión con llama.

Al rojo la nitroglicerina pasa el estado esferoidal y se volatiliza sin detonación.

Una temperatura prolongada superior á 60°, puede ocasionar que la nitroglicerina se ponga ácida, en cuyo caso

continúa descomponiéndose. Una corriente eléctrica obra del mismo modo, produce una descomposición local que acentuándose más y más, puede al cabo de cierto tiempo, producir la detonación.

El contacto de un cuerpo en ignición y la chispa eléctrica la inflaman. Al aire libre arde con llama azul verdosa.

Si la nitroglicerina está encerrada en pequeña cantidad en una envuelta poco resistente, no hace explosión, si se arroja sobre fuego, rompe la envuelta y arde simplemente, pero si el recipiente es muy resistente detona con violencia.

La nitroglicerina hace explosión cuando se eleva súbitamente la temperatura á 217° según Champión y otros autores á 190° según Berthelot.

Como hemos manifestado el choque produce fácilmente este resultado.

La sensibilidad explosiva de la nitroglicerina es mucho mayor que la del algodón pólvora, esto proviene de la naturaleza líquida de la nitroglicerina, poco comprensible y mala conductora del calor que limita la influencia de este á las primeras capas impresionadas. Ya hemos visto como explica Berthelot los efectos del choque sobre la sustancia. A consecuencia de su gran sensibilidad, la pólvora, el algodón pólvora, las diversas sustancias fulminantes, tienen la propiedad de producir la detonación de la nitroglicerina. Sin embargo debe emplearse con preferencia el fulminato de mercurio, pues de lo contrario solo se produce una simple explosión acompañada de vapores rojos.

La nitroglicerina helada produce al detonar los mismos efectos que si fuese líquida. La detonación se obtiene por las mismas causas, pero más difícilmente, siendo preciso aumentar la cantidad del detonador inicial.

91. ESTABILIDAD DE LA NITROGLICERINA.—Cuando la nitroglicerina es pura y recién preparada puede conside-

rarse como estable; pero cuando contiene sustancias orgánicas y presenta una ligera reacción ácida, puede después de cierto tiempo experimentar una descomposición espontánea, que vá acompañada de desprendimiento de gases y de formación de cierta cantidad de ácido oxálico. Cuando la nitroglicerina está contenida en vasos bien cerrados, los gases que proceden de su descomposición, ejercen una gran presión sobre la nitroglicerina, y en estas condiciones, el choque más insignificante, la más ligera sacudida son suficientes para producir la explosión. K. List aconseja conservar la nitroglicerina de modo que los gases que puedan provenir de su descomposición, si se presenta, puedan esparcirse libremente, lo que se consigue por medio de un cierre incompleto cuando los vasos están en reposo, ó con una válvula de seguridad cuando haya que trasportarlos.

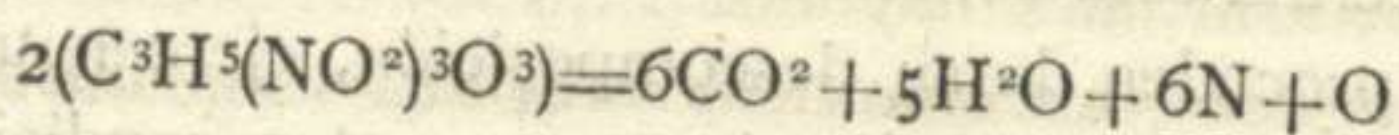
92. EFECTOS VENENOSOS.—La nitroglicerina obra como un veneno; en pequeñas dosis ocasiona violentos dolores de cabeza, sus vapores ejercen una acción análoga. Estos efectos se notan al cabo de algunas horas y presentan todos los síntomas de la jaqueca.

Mr. Champión inyectó tres gotas de nitroglicerina bajo la epidermis de un pájaro. Durante cinco horas no se presentó síntoma alguno de envenenamiento, pero al cabo de este tiempo el animal quedó sin movimiento y poco después murió, tres ó cuatro gotas introducidas en el estómago de un cerdo recién nacido son suficientes para matarlo. Algunos médicos alemanes opinan que se necesitan grandes dosis para producir accidentes graves. Uno de ellos afirma haber tragado al menos diez gotas de unas ciento que se había introducido en la boca, aparecieron violentos síntomas de envenenamiento; pero su vida no estuvo en peligro un solo instante.

En el caso de envenenamiento producen notable alivio

las aplicaciones de agua sedativa ó de agua fría sobre la cabeza.

PRODUCTOS DE LA EXPLOSIÓN.—La descomposición de la nitroglicerina puede representarse, según Berthelot por la ecuación siguiente:



Se vé que la nitroglicerina contiene más oxígeno que el necesario para quemar completamente los componentes.

1 kilogramo de nitroglicerina desarrolla 713 litros de gas á 0° y á la presión normal 0, ^m 76 (1); como su densidad es de 1'6, 1 litro de nitroglicerina producirá mayor volumen 1141 litros.

A igualdad de peso, la nitroglicerina produce un volumen gaseoso próximamente 2'5 veces mayor que el que produce la pólvora de nitrato. Bajo el mismo volumen produce una cantidad de gas próximamente 4 veces mayor que el de la misma pólvora.

El calor desprendido por la reacción es también muy superior. Puede evaluarse en 356'5 por un peso en gramos proporcional á una molécula ó 2512 por litro ó 1570 por kilogramo. Esta cantidad es superior al doble del calor desprendido por el mismo peso de pólvora de nitrato de potasio.

La nitroglicerina fractura las rocas sin dividir las en pequeños fragmentos. Esta propiedad se explica por los fenómenos de disociación: los elementos del agua y del anhídrido carbónico deben estar descompuestos en parte en los primeros momentos, lo que disminuye las presiones iniciales; pero durante la expansión se completa la formación del

(1) Suponiendo en estado de vapor al agua producida por la reacción.

agua y del anhídrido carbónico que reproducen nuevas cantidades de calor que regularizan el descenso de las presiones. La nitroglicerina, obra pues, como la pólvora ordinaria. Sin embargo, la disociación debe ser menor con la nitroglicerina, porque los compuestos formados son más simples y las presiones iniciales mayores.

La nitroglicerina, como hemos dicho, es sumamente sensible á los efectos del choque, basta la caída de un peso de algunos kilogramos desde 0'25 m. para provocar á explosión; pero esta tendrá intensidades muy diferentes, si se ha producido por simple choque, por contacto con un cuerpo en ignición ó por un cebo de fulminato de mercurio. En el primer capítulo hemos explicado esta diversidad de efecto.

DINAMITA.

93. Acabamos de repetir que la nitroglicerina es una sustancia muy sensible aun á los choques más pequeños; esta propiedad hace peligroso su manejo y tal vez se hubiera renunciado á su uso si A. Nobel no hubiese encontrado que humedeciendo un cuerpo poroso cualquiera reducido á polvo con nitroglicerina, se obtiene una materia que no presenta los inconvenientes de aquella composición, es decir, que puede resistir choques y manejarse sin peligro siempre que la nitroglicerina esté completamente absorbida por la materia porosa.

La masa del cuerpo absorbente amortigua los choques; y la fuerza viva que podría producir la explosión por la elevación de temperatura, se emplea en desplazar las partículas de la sustancia absorbente.

El cuerpo obtenido de este modo se llama *dinamita*. Si

la sustancia porosa no introduce elementos nuevos en la reacción producida por la explosión, la dinamita se llama de base inerte y entónces su potencia depende sólo de la cantidad de nitroglicerina que contiene; si al contrario, con objeto de aprovechar el oxígeno que la deflagración de la nitroglicerina deja libre, el cuerpo poroso contiene elementos susceptibles de combinarse con aquél y aumentar por dicha combinación el calor resultante y por consiguiente el trabajo, la dinamita se llama de base activa.

94. DINAMITAS DE BASE INERTE.—Difieren entre sí por el absorbente empleado y por las cantidades de nitroglicerina que contienen. Varias son las sustancias inertes que se han considerado á propósito para la fabricación de la dinamita; se ha utilizado con éxito el trípoli, el ladrillo molido, el carbonato de magnesio, y sobre todo cierta tierra sílicea que se halla en abundancia en determinados terrenos, principalmente en Hannover, donde se le dá el nombre de *kiesselgur* y consiste en un polvo blanco compuesto de esqueletos de animales microscópicos.

El poder absorbente de la materia inerte debe ser considerable para que sea capaz de contener gran cantidad de nitroglicerina y para que el manejo de la dinamita ofrezca seguridad. El *Kiesselgur* puede absorber tres veces su peso de nitroglicerina.

Mr. Hill ha propuesto un absorbente artificial que ha dado buenos resultados; lo prepara precipitando la sílice de una disolución de silicato de sodio por el ácido sulfúrico. El producto se lava y se seca. Su poder absorbente es algo inferior al del *Kiesselgur*.

Cada una de estas materias dá á la dinamita un calor particular.

Las proporciones de nitroglicerina varían con el poder explosivo que se desea obtener y tienen naturalmente por

límite el poder absorbente del cuerpo inerte que se emplea. Generalmente la cantidad de nitroglicerina es de 75 % y entonces la dinamita se llama *normal*.

95. PREPARACIÓN.—Basta con mezclar lo más íntimamente posible la nitroglicerina con la materia absorbente. Lo importante es que la mezcla sea perfectamente homogénea y no presente en punto alguno nitroglicerina libre.

La mezcla se hace con espátulas de madera ó de vidrio sobre planchas de plomo con rebordes. Acto seguido se encartucha empleando papel pergamino ó papel de estaño. Los extremos del papel se doblan de modo, que puedan abrirse con facilidad.

La dinamita se trasporta en cartuchos atados formando paquetes, que se embalan en cajas construidas ligeramente, introduciendo serrín entre aquellos para preservarlos del frío y amortiguar los choques.

Con objeto de que la fabricación sea menos peligrosa, A. Sobrero aconseja que se haga una pasta con agua y tierra porosa y se moldee en la forma que se quiera y seque á 100°, y por último, se sumerja en nitroglicerina. De este modo puede prepararse una dinamita con las proporciones acostumbradas, 75 % de sustancia activa.

96. PROPIEDADES.—La dinamita se presenta bajo la forma de una sustancia untuosa rojiza ó blanca, según el absorbente empleado. Su peso específico es 1'6 cuando no se ha comprimido. Posee todas las propiedades de la nitroglicerina, y además su estabilidad es mucho mayor, inalterable por la acción de un calor moderado, arde lentamente cuando se inflama; sin embargo, si el escape de los gases se impide por un obstáculo resistente, se produce una explosión. Este hecho ha ocurrido en la combustión de grandes cantidades de dinamita cubiertas de escombros, una parte de la dinamita ardió desde luego y el resto hizo enseguida explo-

sión. Un barril de madera bien cerrado ó una caja de hoja de lata llena de dinamita echada sobre el fuego, se abren por la presión de los gases y la dinamita arde sin explosión. En vasos de paredes resistentes, el calor produce siempre la explosión de la dinamita.

Esta se congela á los 8°, y al contrario de la nitroglicerina, se dilata, si su expansión no encuentra obstáculos; la cristalización separa las partículas de la materia absorbente y produce en ella espacios vacíos. Un papel que rodee la dinamita basta para impedir este aumento de volumen. En el momento del deshielo la nitroglicerina no vuelve á ser absorbida por completo, parte queda libre y en este estado, el manejo de la dinamita es peligroso.

La luz y el calor solar tienen, al parecer, poca importancia sobre la dinamita.

La dinamita resiste relativamente bien á la acción del choque, sobre todo si la materia líquida está bien absorbida. Para producir su explosión es preciso someterla á un choque intenso entre dos superficies metálicas, el choque de hierro sobre madera no produce la diflagración, el de hierro sobre piedra, la provoca algunas veces. Los proyectiles de las armas de fuego al chocar con la dinamita producen la explosión. Los proyectiles huecos cargados con dicha sustancia pueden reventar, según la proporción de nitroglicerina, en el ánima de la pieza por el choque de partida, ó en el blanco á la llegada del proyectil. A veces resisten ambos choques.

Giraud, Millot y Vogt han estudiado la resistencia al choque de dinamitas preparadas con diversas sustancias absorbentes y han reconocido que una de las que impregnadas de nitroglicerina, presenta mayor resistencia, es el *azúcar*; este cuerpo permite además la separación de la nitroglicerina por la acción del agua.

El agua obra sobre la dinamita sustituyendo poco á poco á la nitroglicerina. La presencia de la nitroglicerina libre es, como se sabe, peligrosa y por lo tanto debe conservarse la dinamita al abrigo de la humedad.

Una pequeña cantidad de dinamita expuesta durante mucho tiempo al aire, puede, al parecer, perder toda la nitroglicerina por evaporación.

97. DETONACIÓN DE LA DINAMITA.—La detonación de la dinamita se obtiene por medio de cápsulas de fulminato de mercurio. Una carga de 5 á 6 decigramos basta generalmente. Para las aplicaciones militares, la carga se aumenta hasta 1 ó 2 gramos.

La materia fulminante se introduce en un tubo de cobre ó latón cerrado por un extremo y se fija echando sobre la superficie algunas gotas de colodión. Para hacer uso de estas cápsulas se introduce en ellas la extremidad de una mecha hasta que esté en contacto con el fulminato y se mantiene en esta disposición aplastando con unos alicates, la parte superior del tubo.

La cápsula se introduce en la masa de dinamita, pero no completamente, de modo que la materia detone por el choque producido por el fulminato y no se inflame antes por la mecha.

La dinamita helada es menos sensible á los choques que la misma sustancia en estado ordinario: para provocar su detonación, es preciso emplear cápsulas que contengan 1'50 de fulminato de mercurio ó un cartucho de dinamita sin congelar qué, puede conseguirse conservándolo algún tiempo en el bolsillo.

La dinamita es menos rompedora que la nitroglicerina porque el calor desprendido se divide entre los productos de la detonación y la sustancia inerte; por consiguiente la temperatura se eleva menos, lo que disminuye las presiones

iniciales; pero se sostiene mejor, porque el calor absorbido por la base se restituye por completo durante la dilatación.

Las aplicaciones militares de la dinamita son rotura de puentes, de empalizadas, de rails de caminos de hierro, de masas metálicas considerables etc., etc.

Tiene la ventaja sobre la pólvora ordinaria de que con menos peso se tiene una fuerza considerable. Su empleo es muy ventajoso para los trabajos submarinos, tales como demolición de rocas, de buques etc. Para estos últimos efectos se considera la dinamita normal como equivalente á 3'6 veces su peso de pólvora de guerra.

98. A continuación consignamos algunas experiencias en que el explosivo empleado fué la dinamita.

En 1873, en Boyardville se sujetaron dos planchas de blindaje de 3 metros de longitud, 1 metro de altura y 12 centímetros de espesor una sobre otra, lo que constituía una coraza de 24 centímetros, al costado de una chalana sólidamente construida, que á pesar de las conmociones de explosiones precedentes presentaba todavía una resistencia considerable.

Se colocaron 15 kilogramos de dinamita al 70 por 100 en una envuelta de palastro en contacto con las planchas y á 60 centímetros de inmersión.

La detonación del torpedo produjo la destrucción del costado en una longitud de 4'5 metros. El conjunto de las dos planchas quedó encorvado y se encontró en el interior de la chalana en una posición tal, que patentizaba que al ménos debió haberse elevado 1'5 m.

Esta experiencia demuestra claramente que un blindaje, no protege un buque de madera contra los efectos de un torpedo en contacto, de 15 kilogramos de dinamita.

En Carlskrona (Suecia) se colocó á un metro de distancia de la *Prudence*, de doble casco celular y de gran resistencia

un torpedo de 8'5 kilogramos de dinamita normal, en 3'10 metros de inmersión.

La detonación produjo en la parte exterior del costado una abertura de 4'83 metros cuadrados y en la interior del mismo, una grieta bastante larga, pero insuficiente para comprometer un buque provisto de mamparos estancos y de bombas poderosas.

Se siguieron las experiencias con 15 kilogramos de dinamita colocados en una envuelta situada en 2'80 metros de inmersión y 1'80 metros de distancia del costado. Los resultados de la detonación fueron, una abertura en la parte exterior del costado de 4'75 metros cuadrados y en la interior otra de 3'42 metros cuadrados.

Experiencias hechas en la Escuela de Pirotecnia francesa para comparar la dinamita con el algodón pólvora tanto al aire libre como bajo el agua, han hecho resaltar la superioridad de la dinamita al 75 por 100.

Son interesantes los resultados siguientes referentes á las aplicaciones militares de la dinamita.

Para las roturas en contacto, la carga debe siempre estar bien aplicada sobre el objeto que se desea destruir. Si se han de hacer detonar varias cargas, es suficiente que sólo una esté cebada con fulminato, siempre que aquellas estén bastante próximas.

99. ROTURAS DE MADERAS, PIEZAS DE GRAN ESCUADRÍA, POSTES Y ÁRBOLES.—La carga debe disponerse á modo de rosario de cartuchos cortos, alrededor de una sección recta de la pieza, ó bien aplicar la totalidad de la carga en una sola parte, cuya superficie se haya alisado. En este caso es conveniente colocar sobre la carga una tabla y fijarla con algunos clavos.

Con dinamita al 75 por 100, se requieren:

100 gramos para romper una pieza de 10×10 c/m de es-
cuadría ó de un diámetro de. 0'10 m.

250 » » » » » » » 20×20 c/m » 0'20 »

1000 » » » » » » 30×30 c/m » 0'30 »

3000 » » » » » » » 40×40 c/m » 0'40 »

Quando la pieza es rectangular se aplica una carga única sobre el lado mayor de la sección. Se calcula respecto al lado menor y se multiplica por la relación del lado mayor al menor.

En las fórmulas siguientes C es la carga en kilogramos d el diámetro a el ancho y b el espesor en metros.

Árboles aislados $C=60 d^3$

Maderos.. C=36'5 ab²

Id. de escuadría inferior á 20 m/m. $C=5$ ab.

Hierros, C=3315 ab²

PRUEBAS DE LA DINAMITA.

100. Para reconocer que la dinamita es pura, que no ha entrado en descomposición y que no ha sido fabricada con nitroglicerina ácida se pasa por la dinamita el papel azul de tornasol humedecido por los dos lados con agua destilada. Si el papel presenta una coloración roja, es preciso someterla á otras experiencias para concluir que la dinamita es ácida. A pesar de las precauciones que deben tomarse de tener las manos bien lavadas, ciertas personas por el contacto con las suyas pueden dar sobre el tornasol una reacción ácida. Para evitar dudas se lava la dinamita con agua destilada y una porción de las aguas del lavado se hierve en un matraz en cuyo cuello se suspende una tira de papel azul de tornasol; si este se pone rojo es prueba que existen ácidos. Es conveniente en-

sayar otra porción del agua del lavado con el papel ozonométrico, si este azulea es una nueva prueba de que hay ácidos en libertad.

Para apreciar si no se ha pasado del límite de capacidad del absorbente, es decir si la nitroglicerina no está en exceso, se quitan las envueltas de papel de algunos cartuchos y se rompen estos. La fractura debe ser de color uniforme, el lado sobre que descansaba el cartucho no debe ser más graso que el resto y no deben percibirse gotas de nitroglicerina. En seguida se coloca una pequeña cantidad de dinamita entre dobleces de papel los cuales no deben quedar engrasados cuando se comprima ligeramente la dinamita entre los dedos.

Para apreciar la cantidad de nitroglicerina, se quema una cantidad conocida de dinamita y se pesa el residuo que representa la materia absorbente calcinada. Si esta fuera completamente inerte, de la comparación de los dos pesos obtenidos se deducirá la proporción de nitroglicerina. Para que los resultados sean más exactos es preferible disolver la nitroglicerina en éter.

101. CONSERVACION DE LA DINAMITA.—Los recipientes en que se conserve la dinamita deben disponerse de modo, que permitan el fácil desprendimiento de los gases que puedan producirse; la colocación de las cajas debe permitir que el aire circule entre ellas y debe impedirse que la temperatura se eleve á más de 40°.

102. MANIPULACIÓN.—La manipulación de la dinamita debe hacerse en talleres ligeramente contruidos, bien ventilados y en donde la temperatura sea lo más igual posible. No debe ser superior á 30°. Todos los vasos é instrumentos que se hayan usado en la manipulación de la nitroglicerina ó dinamita, deben lavarse con una disolución de potasa cáustica y después con agua pura.

Las personas que manejan la dinamita deben, si es posible, trabajar en ayunas y evitar después de haberla tocado llevarse las manos á la cara con objeto de aspirar lo ménos posible los vapores de nitroglicerina. Si la manipulación es accidental, deben lavarse con legía de potasa, pero cuando hay necesidad de tocar la dinamita con frecuencia, es mejor emplear agua pura.

Las partículas de esta sustancia que hayan caído en el suelo deben barrerse con cuidado y quemarse á fuego descubierto ó enterrarse profundamente.

Nunca debe deshelarse la dinamita cerca del fuego, ni dejar fulminatos próximos á la dinamita almacenada, ó en transporte. Es preciso tener mucho cuidado de no dejar cartuchos cebados en una masa de dinamita sea al aire libre ó en vasos cerrados. Es conveniente colocar en el último momento el cebo en una carga de dinamita y si hay necesidad de descargar un torpedo es preciso empezar quitando el cartucho que contiene la cápsula de fulminato.

La operación de descargar un recipiente cargado con dinamita después de una inmersión prolongada, debe hacerse con la mayor prudencia. Lo mejor, al ser posible, es provocar su explosión bajo el agua por medio de una pequeña carga que se hace detonar en contacto con la envuelta.

La dinamita, por su potencia destructora, por su facilidad en estivarla en un recipiente de forma cualquiera, presenta ventajas grandes para el servicio de las defensas submarinas; pero además de los peligros de su manipulación, su estabilidad química no está bastante demostrada para que pueda emplearse á bordo de los buques. Los deshielos sucesivos hacen que la nitroglicerina no quede completamente absorbida por la base y en este estado es muy sensible al choque de un proyectil.

La dinamita que antes figuraba entre el número de las

sustancias explosivas que podían emplearse en la carga de los torpedos franceses, en la actualidad se halla clasificada entre las que solo pueden utilizarse eventualmente.

DINAMITA DE BASE ACTIVA.

103. Ya hemos dicho que las dinamitas de base activa eran aquellas en que con objeto de aprovechar el oxígeno que la combustión de la nitroglicerina deja libre, la base poseía elementos susceptibles de combinarse con aquel y aumentar de este modo el trabajo que desarrolla la sustancia.

Las dinamitas de base activa propuestas, son en número considerable, entre ellas está el *Litofractor* que emplearon los prusianos durante la guerra con Francia. El litofractor presenta el aspecto de una pasta de un gris negruzco, cuya composición se tiene en secreto. Los análisis que se han publicado son muy diferentes, Beckerhinn ha encontrado

70 % de nitroglicerina

Algodón pólvora

Carbón

Azufre

Salitre

Pólvora de clorato de potasio.

Segun los análisis de Tranzl el litrofactor contiene una cantidad de nitroglicerina que varia segun las muestras entre 35 y 52 %, y además, todos los cuerpos reconocidos por Beckerhinn menos el clorato de potasio.

Bajo la acción del choque y del calor, se conduce sensiblemente como la dinamita ordinaria, sin embargo el fabricante reclama para este compuesto la ventaja de no conge-

larse á—12'5°. Este hecho es dudoso. Los Ingenieros militares italianos afirman que el punto de congelacion está sobre cero y que cuando el litofractor está congelado pierde todas sus propiedades explosivas.

El agua obra sobre el litofractor con mas intensidad que sobre la dinamita y al cabo de algun tiempo de permanecer en ella, desaloja completamente á la nitroglicerina.

DUALINA.

104. Esta pólvora inventada por Dittmar y compuesta segun Trauzl de

Aserrín.	30
Nitrato de potasio.	20
Nitroglicerina.	50
	<hr/>
	100

es un polvo amarillo de 1'02 de densidad, poco sensible al frio. Inflamada al aire libre arde sin explosión. Deja como residuo ceniza de madera y detona bajo la acción de una cápsula de fulminato, cualquiera que sea la temperatura.

GLIOXILINA.

105. M. Abel ha experimentado una dinamita en que el cuerpo absorbente está formado de algodón pólvora y pólvora de nitrato de potasio. Los resultados han sido satisfactorios para las aplicaciones militares, á causa de su estabilidad y de su cómoda manipulación.

DINAMITA DE ALGODÓN POLVORA.

106. Mezclando la nitroglicerina con el algodón pólvora, se obtiene un compuesto que posee la propiedad de ser inalterable en el agua; puede trasportarse sin riesgo alguno por no ser inflamable cuando está húmedo. La detonación de la masa se produce por medio de cápsulas de fulminato de mercurio. Mezclas de 75 y 25 por 100 respectivamente de nitroglicerina y de algodón pólvora, prensadas después de permanecer en agua de modo que contengan más de 12 por 100 de humedad, detonaron bajo la acción de grandes cápsulas de fulminato, después de haberse mostrado inertes á todos los medios de inflamación.

FORCITA.

107. La forcita, según el privilegio de invención del Capitán Lewin se compone de dextrina, salitre, celulosa y de nitroglicerina, tratados por procedimientos especiales.

El Capitán Lewin reclama para dicha sustancia las siguientes ventajas: 1.º Superioridad de fuerza explosiva, respecto á la dinamita ordinaria. 2.º Baratura. 3.º Disminución de riesgo en su empleo y en su transporte. 4.º Conservación sin alteración dentro del agua. 5.º Mayor facilidad en su empleo, y 6.º Ausencia de olores perjudiciales.

La forcita se expende en cartuchos cuyo diámetro es de 20 á 25 m/m, formando paquetes de 1 á 2 kilogramos y también en cajas de madera de 25 á 50 kilogramos.

La forcita requiere para su detonación un choque más violento que el producido por las cápsulas de fulminato, que son suficientes para la dinamita. Mr. Methet, ingeniero jefe de la sociedad de hulla de Bianzi, ha ensayado la forcita sirviéndose de las cápsulas especiales empleadas con la goma explosiva, y los resultados fueron superiores á los de la dinamita ordinaria. Los fabricantes de la sustancia que nos ocupa, venden cápsulas especiales para producir la detonación.

GELATINA EXPLOSIVA.

108. En 1877 el ingeniero Nobel obtuvo un algodón pólvora especial que se disuelve en la nitroglicerina y produce con ella una especie de gelatina ó de goma explosiva; además, agregando al nuevo cuerpo una cantidad más ó menos grande de benzina ó nitro-benzina, se disminuye su sensibilidad á voluntad del fabricante.

Esta gelatina explosiva, de mayor poder que la dinamita normal, es insensible á la acción del agua y no desprende nitroglicerina aun sometida á una fuerte presión.

La Comisión austriaca de explosivos reconoció la estabilidad del producto, su perfecta resistencia á los choques, á los rozamientos y á las mayores presiones. La gelatina explosiva encerrada en cajas de hoja de lata, produce una detonación imperfecta bajo la acción de las cápsulas de fulminato. Después de cada detonación se encontraron pedazos de explosivos intactos y simplemente proyectados á pequeñas distancias. Se reconoció la necesidad de emplear cebos especiales más enérgicos.

Sometida á los choques de un martillo dinamométrico,

resistió los de 3'5 kilográmetros, mientras que un choque de un kilográmetro provoca la explosión de la dinamita normal.

Se comprobó también que la gelatina no perdía ninguna de sus cualidades después de haber permanecido mucho tiempo sumergida en agua y que resistía un calor permanente de 70⁰.

La bencina ó nitro-bencina empleada para disminuir la sensibilidad de la gelatina explosiva, se sustituyó posteriormente por el alcanfor, resina fácil de adquirir y se adoptó un cebo de dinamita de algodón pólvora fabricado de un modo especial y cuyo empleo asegura la completa detonación de la gelatina mezclada con el alcanfor.

La gelatina explosiva para los usos de la guerra se compone de 4 por 100 de alcanfor y 96 por 100 de gelatina explosiva y esta última de 90 por 100 de nitroglicerina y 10 por 100 de nitro-celulosa soluble.

La introducción de 4 por 100 de alcanfor tiene por objeto, hacer la gelatina casi insensible á los efectos mecánicos y hasta al tiro á pequeñas distancias, y como aun con esto no se consigue, estando congelada la gelatina se ha procurado dotarla de la mayor insensibilidad en todos los estados que pueda presentar, incorporando á la misma un 10 por 100 de sílice. Se obtiene así un explosivo muy resistente al choque, de mayor poder que el algodón pólvora y compuesto de 10 por 100 de sílice, 4 por 100 de alcanfor y 86 por 100 de gelatina.

Este cuerpo es elástico, transparente, de color amarillo claro, la densidad es de 1'6. Se puede cortar y someter á una presión de 200 quintales por pulgada cuadrada y conservarle á una temperatura de 50 á 60⁰ sin que desprenda nitroglicerina.

En contacto con el fuego arde simplemente y se conduce como la dinamita. Se ha podido mantener durante ocho

días consecutivos á la temperatura de 70° sin manifestar indicios de descomposición.

Algunos gramos de la sustancia colocados sobre un cristal de reloj y calentados seis ó siete horas diarias por espacio de dos meses, sólo perdieron por evaporación la mitad próximamente de alcanfor y una pequeña cantidad de nitroglicerina.

Si se calienta lenta y progresivamente la gelatina pura, se produce la explosión á 240° C. y lo mismo sucede si se la somete bruscamente á dicha temperatura.

Cuando contiene 4 por 100 de alcanfor no se produce la explosión ni aun elevando la temperatura hasta la que provoca la de la pólvora ordinaria, es decir, hasta 300° C; elevándola más, arde tranquilamente.

Lo mismo sucede á la gelatina que contiene más de 4 por 100 de alcanfor.

Sometiendo repentinamente este cuerpo á una temperatura muy elevada, se llega á producir la explosión. No se han medido los grados correspondientes á dicha temperatura.

No es posible asegurar la detonación total de la gelatina con 4 por 100 de alcanfor, con cápsulas de fulminato cargadas con 2 gramos, ni con cartuchos de algodón pólvora comprimido ni con un cebo de algodón pólvora que contenga 75 por 100 de nitroglicerina, ha sido preciso perfeccionar éste último cebo. Se había comprobado que la fibra de algodón se nitrifica de un modo muy desigual, por esta razón se encuentran en un mismo cartucho de algodón pólvora, Abel, todas las variedades del algodón pólvora, desde la trinitrocelulosa hasta la celulosa pura. Estas mismas desigualdades se encuentran en mayor grado en el algodón pólvora preparado por el método del Von Lenk.

Los químicos Nobel, Sierskh y Roth con objeto de nitrí-

ficar en alto grado la celulosa, redujeron primero el algodón á polvo fino y sedoso atacándolo por el ácido sulfúrico diluido y despues lo sometieron á la nitrificación: obtuvieron así un algodón pólvora cuya potencia explosiva y cuyas reacciones químicas demostraron ser superior al obtenido por los otros procedimientos. A este algodón pólvora especial se le ha dado el nombre de nitro-hidro celulosa.

Este cuerpo es pulverulento, harinoso, suave al tacto; examinado con el microscopio, presenta la primitiva estructura de algodón. No puede absorber y retener en sus poros tanta nitroglicerina como el algodón pólvora Abel pulverizado; y no tiene tendencia alguna á producir gelatina explosiva uniéndose á ella.

Se adoptó como composición normal del cebo buscado, una mezcla de 60 partes de nitroglicerina y 46 de nitro-hidro celulosa. Puede darse á esta mezcla una densidad mayor que á la del algodón pólvora Abel y nitroglicerina, así se pueden introducir fácilmente 20 gramos en los tubos de los cebos militares, mientras que antes solo podian contener 15 ó 17 gramos.

La gelatina explosiva con alcanfor ó sin él toma después de una inmersión prolongada en el agua, una apariencia lechosa, sin aumentar de peso de un modo sensible. Al secarse recobra su aspecto ordinario; pero puede comprobarse que ha perdido algo de nitroglicerina y de alcanfor.

La acción del agua sobre este cuerpo solo se verifica en la superficie. Despues que el agua ha sustituido á una pequeña parte de alcanfor y nitroglicerina, queda solo el algodón pólvora que forma una capa muy delgada é impide que la acción del agua se propague en toda la masa.

Para estudiar la acción del calor sobre el explosivo que nos ocupa, se tomaron dos probetas, en una se colocaron 20 gramos de gelatina que contenia 4 por 100 de alcanfor

y en la otra igual cantidad de nitro-hidro celulosa impregnada de nitroglicerina y se mantuvieron de un modo permanente á 70° C. Al cabo de 48 horas, se desprendieron vapores nitrosos de la probeta que contenia la nitro-hidro-celulosa y en la que se hallaba la gelatina, solo aparecieron despues de 8 dias de sometida á la expresada temperatura.

Todas estas propiedades de la gelatina explosiva y de esta misma sustancia con 4 por 100 de alcanfor, han sido comprobadas por las experiencias de la Comision Austriaca de explosivos, las que han tenido tambien por objeto:

1.º Averiguar como se conducia el explosivo con diversas cantidades de alcanfor, congelado ó en estado elástico, ó despues de haberse sometido por espacio de muchos dias á una temperatura de 30 ó 40°, bajo la acción de un proyectil disparado á 25 metros.

2.º Comparar la fuerza de la gelatina con la de la dinamita para destruir vigas de madera ó planchas de hierro.

3.º Estudiar la trasmisión de la explosión de una carga á otras colocadas en su proximidad.

De las experiencias verificadas para esclarecer el primer punto, se deduce: (1)

1.º Que la gelatina explosiva con alcanfor resiste perfectamente al choque de la bala del fusil Werndl no estando congelada, aún en las peores condiciones de hallarse colocada sobre una plancha de hierro y recibir el choque normal.

2.º El mismo explosivo congelado, es mucho más sen-

(1) Hemos creido suficiente exponer los resultados de las experiencias, los que deseen conocer los detalles pueden leer el folleto aleman del Capitán Ph Hess traducido por el Comandante D. Antonio García y publicado en el tomo 6.º de la Revista general de Marina ó el extracto francés del mismo folleto por Paul Barbe.

sible; el choque de los proyectiles, puede producir su explosión.

3.^o Es suficiente colocar una plancha de madera delante de la caja metálica que contenga la gelatina congelada, para que el choque de los proyectiles no produzca la explosión.

4.^o La gelatina apoyada contra madera en vez de estar o sobre una plancha de hierro, siempre que la cantidad de alcanfor sea superior al 2 por 100, es insensible á los repetidos choques de los proyectiles y ofrece, al parecer, completa seguridad.

5.^o En las mismas condiciones y al ménos con igual cantidad de alcanfor, la gelatina congelada resiste á la acción del proyectil.

Faltaba averiguar si la gelatina podía perder el alcanfor por evaporación y recobrar por consiguiente su sensibilidad. Para ello, se colocó la gelatina con 4 y con 1 por 100 de alcanfor en trozos de 26 mjm de espesor sobre la tela de un tamiz, con objeto de facilitar la renovación de aire á su alrededor y se mantuvo durante 48 horas á 40^o C. Esta gelatina se utilizó después para la carga de cajas sobre las cuales se hicieron dos disparos sin producir inflamación ni explosión; puede pues deducirse que la pérdida de alcanfor por evaporación, no disminuye notablemente la insensibilidad del explosivo; además es siempre posible poner bastante alcanfor en la gelatina para tener seguridad de que después de la evaporación queda siempre, al ménos 1 por 100 en la masa.

La consecuencia que puede deducirse de las experiencias practicadas para estudiar el 2.^o punto, es que la fuerza explosiva de la gelatina con 4 por 100 de alcanfor, es más de un 25 por 100 superior á la de la dinamita ordinaria.

El estudio del tercer punto se hizo del modo siguiente:

Dos cargas de 1 kilogramo de gelatina con 4 por 100 de alcanfor se colocaron á 25 c/m una de otra sobre dos planchas de hierro fijas en las extremidades de dos vigas de madera de 32 centímetros de escuadría. Se produjo la detonación de la carga que contenía el cebo y la otra solo quedó desmenuzada y ni siquiera se inflamó.

Se reemplazó la gelatina por la dinamita ordinaria. Las cargas se colocaron á 35 c/m una de otra, y la detonación de una produjo la de la colocada en su proximidad.

109. Todas las propiedades que acabamos de manifestar son muy favorables al uso de dicha sustancia como explosivo de guerra; pero con la composición manifestada y aun empleando los cebos especiales de nitro-hidro-celulosa no se produce siempre la detonación. Este inconveniente y la dificultad de una fabricación regular han sido las causas de que su uso no se haya generalizado á pesar de las grandes esperanzas que al principio había hecho concebir.

La Escuela de Torpedos, encargada de practicar experiencias comparativas con esta sustancia y el algodón pólvora y queriendo evitar el grave defecto que acabamos de mencionar, lo verificó, empleando gelatinas con mayor cantidad de nitroglicerina y menor de algodón pólvora soluble. Dichas gelatinas tenían la composición siguiente:

1. ^a		2. ^a	
Nitroglicerina.	91	Nitroglicerina.	90
Algodón pólvora.	6	Algodón pólvora.	6
Alcanfor.	3	Alcanfor.	4
<hr/>		<hr/>	
100		100	

Estas gelatinas hacen explosión bajo la influencia de una cápsula quintuple de fulminato de mercurio (70 centigramos); pero con este cebo no se obtiene todo el efecto que puede desarrollar la sustancia; para ello hay necesidad de

aumentar considerablemente la cantidad de fulminato, lo que no es conveniente, ó emplear un cebo de algodón pólvora. Este hecho, que está de acuerdo con los resultados obtenidos por el General Abbot (Cap.º 5.º) quedó perfectamente demostrado por las siguientes experiencias.

APLASTAMIENTO DE CILINDROS DE PLOMO.

Se hizo uso de un dinamómetro que consistía en una pieza de fundición, en la que se había practicado un alojamiento cilíndrico, en el que jugaba un émbolo de acero. En la base de aquél, y perfectamente centrado, se colocaba un cilindro de plomo de 20 m/m de diámetro y 51 de altura, y encima de éste el émbolo con la carga de explosivo en la parte superior. En muchas experiencias el émbolo quedó completamente destrozado por la detonación y naturalmente, no se tomaron en cuenta los aplastamientos obtenidos en dichos casos. Los resultados fueron los siguientes:

APLASTAMIENTO.

50 gramos de gelatina al 3 % de alcanfor y 50 gramos de algodón pólvora, en dis- cos de diámetro igual al del émbolo colocados directa- mente sobre éste y cebados con 70 centígramos de ful- minato de mercurio.	Gelatina.	3,25 m/m
	Algodón pólvora.	15'8 m/m
50 gramos de una y otra sus- tancia cebados con la mis- ma cantidad de fulminato de mercurio y colocados en cajas de hoja de lata sobre el émbolo.	Gelatina.	12'16 m/m
	Algodón pólvora.	23'10 m/m

APLASTAMIENTO.

38 gramos de una y otra sustancia cebados con 2 gramos de fulminato y colocados de idéntica manera que en la anterior experiencia. .	}	Gelatina.	15'00 m/m
		Algodón pólvora.	17'17 m/m

20 gramos de gelatina cebados con 20 gramos de algodón pólvora y éste con 70 c/g de fulminato, colocados directamente sobre el émbolo. . . . .	}	. . . . .	19'7 m/m
		

40 gramos de algodón pólvora cebados con 70 c/g de fulminato de mercurio y colocados directamente sobre el émbolo. . . . .	}	. . . . .	13'8 m/m
		

Se vé pues, que para que la gelatina desarrolle una potencia superior á la del algodón pólvora, es necesario emplear cebos más potentes que los de 2 gramos de fulminato de mercurio.

A pesar de esta conclusión, las gelatinas experimentadas son más sensibles al choque que el algodón pólvora, aun cuando se tome en estado seco.

Las experiencias de choque en las que el peso del martillo dinamométrico era de 25 kilogramos, el área de choque de 25 c/m y el espesor de la gelatina ó algodón pólvora expuesto al mismo de 6 m/m, no dejaron duda alguna sobre la anterior afirmación.

EXPERIENCIAS DE CHOQUE DE HIERRO CONTRA HIERRO.

GELATINA AL 3 % DE ALCANFOR.		GELATINA AL 4 % DE ALCANFOR		ALGODÓN PÓLVORA SECO.	
Km. por c ²	Resultados.	Km. por c ²	Resultados.	Km. por c ²	Resultados.
0,38	Explosión.	0,59	Explosión.	1,34	Explosión.
0,37	id.	0,52	id.	1,20	Inflamación.
0,36	id.	0,50	Parte chocada	1,00	Sin efecto.
0,30	No produjo efecto alguno.	0,50	Sin efecto.	0,98	id.
0,27		0,41	id.		

MADERA (1) CONTRA HIERRO.

0,81	Explosión.	0,85	Explosión.	1,8	Explosión.
0,70	Sin efecto.	0,82	Sin efecto.	1,6	id.
				1,4	Sin efecto.

Durante estas experiencias se ha podido observar que la sensibilidad de la gelatina aumenta de un modo notable por su exposición á los rayos solares. En unas experiencias de choque de hierro contra hierro practicadas el mes de Agosto en que el yunque y la gelatina habían estado expuestas mucho tiempo al sol se obtuvo una explosión franca, con la gelatina al 3 % de alcanfor, con sólo 0'20 kilogrametros por centímetros cuadrados.

(1) Húcar.

TIRO Á PEQUEÑA DISTANCIA.

Aunque los resultados de estas experiencias podían preverse por los obtenidos en las de choque, sin embargo se creyó conveniente practicarlas comparativamente en el algodón pólvora húmedo al 25 %.

La gelatina y algodón pólvora se colocaron sobre una plancha de hierro de suficiente espesor para que no fuera atravesada por el proyectil. Se disparó con el fusil reglamentario á 25 metros de distancia y en todos los casos en que el tiro fué normal, estando el blanco completamente fijo, se produjo con la gelatina la explosión, ocasionando la destrucción completa de aquel.

Con el mismo choque no se obtuvo efecto alguno sobre el algodón pólvora húmedo al 25 %.

Los resultados obtenidos son todos muy favorables al algodón pólvora, pues casi puede afirmarse que el manejo de este explosivo, está desprovisto de todo riesgo, siempre que se tomen las debidas precauciones para conservarle con el correspondiente grado de humedad, mientras que el de las gelatinas ensayadas, es peligroso por la pequeñez del trabajo que se requiere en un choque de hierro contra hierro para producir la explosión.

Es evidente, que modificando las dosis de los componentes, podrán obtenerse gelatinas de mayor insensibilidad al choque; pero entonces se cae en el otro escollo, de no producirse con seguridad la detonación. Las mismas gelatinas ensayadas, á pesar de ser tan sensibles á los efectos mecánicos, no desarrollan su potencia máxima con 2 gramos de fulminato de mercurio y es necesario recurrir al algodón pólvora

ú á otro cebo capaz de producir un intenso choque. Por todo lo dicho y por no poderse asegurar que la gelatina no es susceptible de dejar en libertad cierta cantidad de nitroglicerina después de algún tiempo de fabricación y sobre todo, si ha estado sometida á diferencias de temperatura que la haya congelado y vuelto á hacer pasar á su estado normal, no puede sustituir hoy con ventaja al algodón pólvora en la carga de los torpedos.



El objeto de esta obra es presentar al lector un cuadro de la vida política y social de España en el siglo XVIII, y de la influencia que en ella ejercieron las ideas filosóficas y económicas de la Ilustración. Para ello se han seguido los siguientes planes: 1.º La vida política, 2.º La vida social, 3.º La vida económica, 4.º La vida cultural.

En el primer capítulo se trata de la vida política, y se exponen los cambios que se produjeron en el sistema de gobierno, desde el reinado de Carlos III hasta el de Carlos IV.

En el segundo capítulo se trata de la vida social, y se exponen los cambios que se produjeron en la estructura de la sociedad, desde el reinado de Carlos III hasta el de Carlos IV.

En el tercer capítulo se trata de la vida económica, y se exponen los cambios que se produjeron en el sistema de producción y distribución de la riqueza, desde el reinado de Carlos III hasta el de Carlos IV.

En el cuarto capítulo se trata de la vida cultural, y se exponen los cambios que se produjeron en el sistema de enseñanza y en la producción de la cultura, desde el reinado de Carlos III hasta el de Carlos IV.

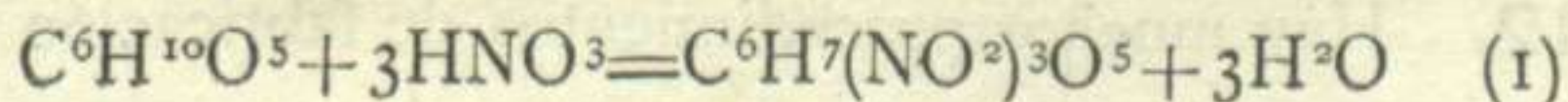
CAPÍTULO IV.

ALGODÓN PÓLVORA.

Temperatura á que se provoca la explosión 230° (Schonbein), 150° (Pelonze), 220° (Champián). Temperatura desarrollada 4600° --Calor desprendido por kilogramo, 1022 Calorias.--Volumen gaseoso por kilogramo, 859 litros.--Cantidad de fulminato usada generalmente para provocar la detonación: 1'5 gramos.--Cantidad de algodón pólvora seco que es conveniente emplear para asegurar en todos los casos la detonación del húmedo 1200 gramos.

110. El ácido nítrico concentrado por su acción sobre la celulosa dá origen á compuestos explosivos de distintas propiedades según el modo de preparación. Los diversos productos que se obtienen, son sustituciones del radical nitrilo NO^2 á uno ó á varios átomos de hidrógeno de la celulosa. El más importante de estos compuestos, como explosivo, es el algodón pólvora, que según Abel, es la trinitro celulosa.

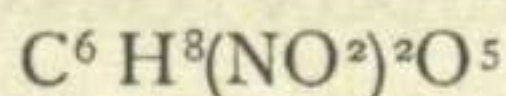
La reacción que la produce puede expresarse por la siguiente ecuación



Con el ácido nítrico se mezcla cierta cantidad de ácido sulfúrico que tiene por objeto absorber el agua formada en la reacción y mantener la concentración del nítrico.

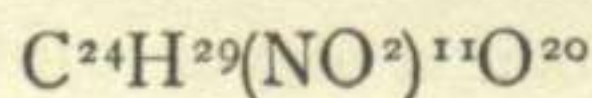
Los ácidos deben ser muy concentrados, si no lo son y no se llenan todas las condiciones de la fabricación, se obtienen además mezclados con el algodón pólvora otros productos menos nitrados de inferior poder exclusivo: el de más importancia es el colodión soluble en una mezcla de alcohol y éter, resulta de la sustitución de dos átomos de hidrógeno de la celulosa por dos nitritos.

Su fórmula química es:

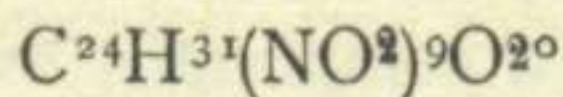


111. Estas fórmulas no son rigurosamente exactas. En realidad la del algodón, es múltiple de $C^6 H^{10} O^5$ y además el número de nitrilos que realmente se fijan sobre el algodón, es inferior al representado por la ecuación (1).

Admitiendo para fórmula de la celusa $C^{24} H^{40} O^{20}$, la del algodón pólvora que mejor responde á los análisis, es



y la del colodión,



El calor de formación del primero es de 624 Calorías por 1143 gramos y el del 2.º 696 Calorías por 1053 gramos.

FABRICACIÓN.

112. Hay muchos procedimientos de fabricación para

obtener el algodón pólvora, pero de todos ellos el que ha dado mejores resultados es el del Barón Von Lenk perfeccionado por Mr. Abel.

Expondremos primero el de Lenk y después el perfeccionado, que es el que se sigue en la fábrica de Stow-Market de la que se surte nuestro Gobierno.

113. El método del Barón Lenk consiste en lo siguiente: se trata primero el algodón en madejas de hilos de diferentes dimensiones por una disolución débil de potasa con objeto de hacer desaparecer las sustancias extrañas y en seguida se lava repetidas veces y suspende en una cámara de aire caliente hasta que haya desaparecido toda la humedad; después se deposita en jarras herméticamente cerradas para preservarle del contacto del aire húmedo y en estas jarras se lleva al depósito ó vaso en donde se trata por los ácidos nítrico y sulfúrico.

Los ácidos deben estar íntimamente mezclados y en las proporciones de 1 parte en peso de ácido nítrico de densidad 1'48 á 1'50 y 3 de ácido sulfúrico á 66° B.

Cuando la mezcla de ácidos está completamente fría, se introduce en ella el algodón, madeja á madeja. Con objeto de que estas absorban la mayor cantidad de dicha mezcla, se agitan durante algunos minutos, después se depositan sobre una tabla en donde se dejan escurrir y se oprimen ligeramente para quitarles parte del exceso de ácido. En seguida se toman seis ú ocho madejas (cada una de ellas pesa de dos á cuatro onzas) y se colocan en un jarro de barro provisto de una tapadera que permite cerrarlo herméticamente. Se oprime el algodón sobre el fondo del jarro y si no hay bastante licor ácido en el algodón para que cubra toda la masa, se añade un poco. Por cada libra de algodón debe haber próximamente diez libras y media de ácidos en contacto con él.

Los jarros cargados así, se depositan en un sitio fresco en donde permanecen 48 horas, y para impedir que se produzca alguna elevación de temperatura que daría por resultado una acción destructora sobre el algodón pólvora, se colocan los jarros en un baño de agua.

Pasadas las 48 horas, se retira el algodón de los jarros y se introduce en una máquina de acción centrífuga que elimina el exceso de ácido. El algodón pólvora queda ligeramente húmedo. Después de esta operación se introducen separadamente las madejas en el agua y se agitan con rapidez de modo que se saturen lo más pronto que sea posible. Si simplemente se las arrojase al agua y quedasen en reposo, una porción de los ácidos libres combinándose con el agua desarrollaría una cantidad de calor capaz de producir inmediatamente una acción destructora sobre el algodón pólvora. En seguida se lavan las madejas una á una y se continúa esta operación hasta que no acusen reacción ácida, entónces se forman con ellas paquetes que se introducen en una corriente rápida de agua en la que se dejan dos ó tres semanas, después se lavan á mano para quitarles las impurezas que haya podido depositar en ellas la corriente y se sumergen durante algunos instantes en una disolución de potasa. Después de este tratamiento se vuelven á colocar en la corriente de agua en la que permanecen durante muchos dias. Al retirarse se lavan otra vez á mano y si es necesario con jabón.

Basta secar el algodón pólvora así preparado para poderlo usar. Sin embargo el General Von Lenk le somete á otra operación cuyas ventajas no reconocen otros fabricantes. El tratamiento suplementario consiste en sumergir en una disolución caliente de silicato de potasio ó sodio el algodón pólvora secado con anterioridad al aire libre, en dicha disolución se deja por un tiempo bastante largo para que quede

completamente impregnado. Acto seguido se quita el exceso de líquido por medio de la máquina centrífuga se vuelve á lavar y se seca.

Según el general Von Lenk este último tratamiento tiene por objeto recubrir las fibras de algodón pólvora de cierta cantidad de silicato de potasio, que modera la rapidez de combustión del explosivo y ejerce por consiguiente una acción menos destructora sobre las armas; además, formando la materia vitrificada una especie de barniz, preserva al algodón pólvora de la acción del aire y su conservación es más fácil.

La última operación á que se somete el algodón pólvora es la de secarlo perfectamente. Con este objeto se deposita en cámaras bien ventiladas y calentadas próximamente á 26° C. Es la única operación que presenta algún peligro, pero si se tiene cuidado de conservar la temperatura requerida y si además se toman todas las precauciones ordinarias empleadas en las fábricas de pólvora, no es de temer accidente alguno.

114. FABRICACIÓN POR EL PROCEDIMIENTO ABEL.
—La estabilidad del algodón pólvora preparado por el anterior procedimiento deja mucho que desear; parece susceptible de descomposición espontánea y á esta mala propiedad deben atribuirse las sensibles desgracias que ocurrieron antes que Mr. Abel perfeccionase el procedimiento de fabricación. Según este químico, la falta de estabilidad citada proviene de las sustancias orgánicas, distintas de la celulosa, que quedan retenidas en las fibras de algodón. El único modo de hacerlas desaparecer es convertir éste en parte.

La estabilidad del compuesto es mayor, si se incorpora á la sustancia cierta cantidad de carbonato de sodio, pues neutraliza el ácido desprendido por un principio de descomposición. La humedad asegura también la estabilidad del

algodón pólvora, Mr. Boutmy, fundándose en una experiencia de Mr. Abel, explica esta resistencia á la descomposición del algodón pólvora húmedo, como sigue:

«En general, en un disco de algodón pólvora que se descompone hay uno ó muchos centros de descomposición, (partículas de materia orgánica distinta de la celulosa, lana, seda, etc., etc.) Si la materia está seca, el ácido, que es el producto de la descomposición, satura rápidamente á las partículas sólidas de la materia alcalina añadida á propósito que se hallen en la proximidad del centro de acción. Si al contrario, el algodón pólvora contiene 20 ó 30 por 100 de agua, ésta sirve de vehículo á la materia alcalina y permite á la totalidad de esta materia contenida en el disco, concurrir sucesivamente á saturar los ácidos producidos y suspender así la descomposición.» En apoyo de esta teoría se cita el caso de un disco de algodón pólvora húmedo, en que una partícula extraña fué un centro de descomposición y sometido á la prueba de alcalinidad, de que hablaremos más adelante, se encontró que el 2 por 100 de carbonato de sodio, que debía hallarse, se había saturado completamente.

Los perfeccionamientos introducidos por Abel, están fundados en los que acabamos de manifestar. Las operaciones que abraza su procedimiento son las siguientes:

Se carda á mano el algodón que debe emplearse, procedente de los desperdicios del hilado, el cual suele contener un 10 por 100 de agua, con cuya operación se eliminan las impurezas como semillas, astillas de madera, piedras etc. En el caso de que el algodón esté torcido se corta mecánicamente. Enseguida se carda á máquina y se obtienen mantas de 1 c/m de espesor con las que se forman paquetes de 12 á 13 kilogramos, que de tres en tres se introducen en cilindros verticales de dobles paredes, entre las cuales circula una corriente de vapor. Un termómetro indica la tempera-

tura del algodón que debe estar comprendida entre 70 y 100. Con objeto de hacer desaparecer el vapor de agua formado, se obliga por medio de un ventilador al aire caliente de la habitación á atravesar de arriba á bajo el aparato central en donde está el algodón. Después de 8 horas de tratamiento, solo contiene medio por 100 de agua y se considera como seco. Acto seguido se deposita en grandes recipientes de plancha de hierro galvanizada y perfectamente cerrados y se deja enfriar lentamente durante la noche.

Los ácidos tienen igual concentración y se emplean en iguales proporciones que en el procedimiento Lenk. Deben mezclarse anticipadamente con objeto de que estén completamente frios al introducir el algodón. La mezcla se ejecuta en un cilindro de fundición en el que una rueda de paletas los agita durante 15 minutos, este cilindro comunica por tubos, también de fundición, con grandes recipientes semi-esféricos de la misma sustancia, provistos de tapas que pueden sujetarse con tornillos. En estos recipientes se deja enfriar la mezcla ácida durante dos ó tres días y después por conductos convenientes pasa al local donde se verifica la inmersión del algodón. Estos conductos están provistos de grifos que permiten llenar fácilmente una série de pilas; á ambos lados de cada una de estas hay otras dos que solo se diferencian de las anteriores, en que tienen una parrilla horizontal en una de sus extremidades y 0'10 metros de la parte superior.

En dichas pilas se introduce el algodón en porciones de 453 gramos (1 libra) que se agitan durante cinco minutos con una horquilla de hierro, al cabo de este tiempo se sacan y depositan sobre las parrillas en donde se comprimen con una placa de fundición movida por una palanca. Los 453 gramos de algodón tratados de este modo absorben 5 kilogramos de la mezcla ácida que se reemplazan por igual

cantidad tomada de la pila central. Se sumerge en seguida un nuevo lote que se trata del mismo modo que el anterior. A los 5 minutos se rocía el colocado sobre las parrillas con 100⁰₃ de ácidos, se introduce en un tarro de arenisca de 0'16 m. de diámetro por 0'25 m. de altura y se coloca sobre la parrilla al que se hallaba en la pila. De este modo se continúa hasta haber operado con todo el algodón.

Los tarros convenientemente tapados, se sumergen en agua, de modo que esta cubra los $\frac{2}{3}$ de su altura. Durante esta inmersión, que dura 24 horas, es cuando realmente se verifica la reacción que trasforma el algodón en algodón pólvora; esta reacción vá acompañada de gran desprendimiento de calor que es absorbido por el agua que rodea los tarros; si esta no tiene suficiente poder refrigerante, como sucede algunas veces en verano, se desprenden de los tarros vapores nitrosos en cuyo caso deben sumergirse inmediatamente en el agua.

Cada kilogramo de algodón absorbe próximamente 11 kilogramos de ácidos mientras que para su nitrificación solo requiere medio kilogramo. El exceso de ácido se elimina por medio de turbinas de acción centrífuga provistas de doble envuelta; en la interior se coloca el algodón pólvora que por la acción de la expresada fuerza y la aspiración de un ventilador, pierde al cabo de 10 minutos 7 kilogramos de ácido por kilogramo de algodón pólvora. Los tres kilogramos y medio que aun contiene, se hacen desaparecer por sucesivos lavados y sometiénolo diferentes veces á la acción de la turbina.

El primer lavado se verifica en una cuba llena de agua, que se renueva constantemente, entrando por la parte superior la misma cantidad que sale por grifos colocados en la inferior. Durante 8 minutos se agita el algodón en el agua por medio de un rastrillo de madera y al sacarlo apenas

presenta señales de acidez. Acto seguido, se somete durante diez minutos á la acción de la turbina, de la cual sale con 30 por 100 de agua próximamente.

El siguiente lavado se verifica con agua mantenida á la temperatura de ebullición por medio de una corriente de vapor que circula en tubos introducidos en ella. Al algodón pólvora extraído de las turbinas se incorpora de 2 á 4 por 100 de carbonato de sodio. Al cabo de cuatro horas, se reemplaza el líquido por otro nuevo en el que se mantiene el algodón pólvora igual tiempo, después del que se saca la sustancia de la cuba en que se ha verificado el lavado y se somete á máquinas análogas á las empleadas en la fabricación del papel, que reducen el algodón pólvora á pasta y elimina las materias extrañas que retiene en sus fibras.

Las impurezas y el ácido puesto en libertad, se separan por un tercer lavado, que se verifica en grandes cubas llenas de agua, en donde se agita durante cuatro horas por medio de ruedas de paletas; enseguida se somete por última vez á la acción de la turbina, de la que sale formando una masa plástica que contiene de 31 á 32 por 100 de agua y muy á propósito para tomar las formas que se desee por el moldeo.

Éste, comprende dos operaciones; el moldeo preliminar y el definitivo. El primero se verifica introduciendo en moldes, un peso determinado de explosivo y sometiéndolo á una pequeña presión, y el segundo, colocando el algodón pólvora, en la forma en que ha salido del primer moldeo, en alojamientos propios de aquella, practicados en una fuerte placa de fundición, en donde por medio de mandriles de bronce movidos por una prensa hidráulica, se comprimen primero á razón de 100 kilogramos y después á razón de 630 kilogramos por centímetro cuadrado.

Las distintas masas de algodón pólvora obtenidas por el moldeo definitivo, se sumergen después en agua y se man-

tienen en ella hasta que absorban una cantidad de este líquido, que depende del grado de humedad que se desea tenga el explosivo.

115. El algodón pólvora recién fabricado, se almacena por lotes de 1 tonelada en fosas de 2'5 metros de profundidad situadas á 30 metros de distancia unas de otras.

El embalaje se verifica en cajas de madera que llevan interiormente un baño de parafina y gutta-percha.

Las formas de fabricación corriente en la fábrica de Stow-Market, son discos de 177 m/m de diámetro y 21 de altura, ladrillos de $120 \times 120 \times 40$ m/m y cilindros taladrados por su eje de 30 milímetros diámetro y 37 de altura.

116. El procedimiento de fabricación seguido en la fábrica de Waltham-Abbey se diferencia en algunos puntos del que acabamos de describir; el lavado en caliente no se hace á la temperatura de ebullición, sino á 60 ó 70° á lo más, y la adición del carbonato de sodio se verifica en la operación que reduce á pasta al algodón pólvora y no al mismo tiempo del lavado. Estas variaciones son debidas al temor de que la alta temperatura á que se somete en Stow-Market pueda perjudicar al algodón pólvora y á que se pueda formar, verificándose el lavado y la incorporación del carbonato de sodio al mismo tiempo, nitrato de sodio que llevaría consigo la desnitrificación parcial del algodón pólvora.

El moldeo preliminar se verifica por un procedimiento diferente también del seguido en Stow-Market, en vez de someter la pasta que ha sufrido el último lavado á la acción de la turbina, se introduce en moldes cuya parte inferior está formado de una tela metálica sostenida por una plancha agujereada. Se hace el vacío y el agua sale por las mallas de la tela que retiene la pasta. Ésta recibe entónces una débil compresión suficiente para permitir las manipulaciones necesarias al moldeo definitivo. La presión que recibe es inferior

á la de Stow-Market, siendo solo de 250 kilogramos por centímetro cuadrado.

117. El algodón pólvora preparado por el procedimiento Abel, es muy estable. Experiencias de conservación hechas desde 1863 sobre productos de la fábrica de Waltham-Abbey y Stow-Market, de los cuales algunos habían sufrido lavados incompletos, dieron los resultados siguientes:

1.º El algodón pólvora seco bien preparado, ha podido conservarse sin alteración aparente en las condiciones ordinarias de envase y almacenado, durante un período de diez á doce años.

2.º El algodón pólvora de menor poder explosivo, es decir, que contenga mayor proporción de algodón pólvora soluble en una mezcla de alcohol y éter, es tan estable como el otro cuando ha sido bien lavado.

3.º El algodón pólvora, mal purificado, se pone ácido al cabo de algunos años, pero al parecer, no es susceptible de descomposición profunda ó de explosión en un período de 10 años.

Experiencias francesas aunque practicadas en un período más corto, tienden á confirmar la estabilidad química del algodón pólvora seco, fabricado por el procedimiento Abel.

Los autores ingleses opinan que el algodón pólvora bien preparado, es decir, que haya sufrido los lavados suficientes y el empastado no es susceptible de descomposición espontánea y de explosión, al menos durante un período de 20 á 30 años.

La estabilidad química de algodón pólvora húmedo es, al parecer, mayor, como tenemos manifestado.

A pesar de estas conclusiones en Agosto de 1871, trece toneladas y media de algodón pólvora hicieron explosión en la fábrica de Stow-Market. El fuego se propagó á un al-

macen que contenia algodón pólvora seco, que á su vez hizo explosión y aumentó los desastrosos efectos de la primera, ocasionando 74 víctimas, entre ellas 24 muertos. Este desgraciado accidente hizo que durante algun tiempo se dudara de la estabilidad química del algodón pólvora fabricado por el procedimiento Abel, pero de la averiguación practicada resultó que por malevolencia se habia añadido una cantidad de ácido sulfúrico á un lote de algodón pólvora que habia sufrido las operaciones regulares de fabricación y recepción y por consiguiente quedan en pié las conclusiones que hemos consignado, referentes á la estabilidad química del compuesto que nos ocupa.

118. PROPIEDADES FÍSICAS DEL ALGODÓN PÓLVORA.
—El algodón pólvora comprimido, seco, fabricado por el procedimiento Abel, tiene el aspecto de una masa de carton de color blanco amarillento, mas ó menos compacto segun la presión que ha recibido, se adhiere á la lengua y no tiene sabor alguno. Todos los discos ó ladrillos tienen tendencia á esfoliarse paralelamente á la superficie de compresión, que es perpendicular á las geratrices en los cilindros y discos, y paralela á las caras mayores en los ladrillos.

La densidad del algodón pólvora comprimido seco varia de 1 á 1'5 límite superior que puede obtenerse con las máquinas existentes. Generalmente la de Stow-Market es 1'1.

El algodón pólvora es insoluble en el agua, en el alcohol y en el éter; en una mezcla de una parte de alcohol y de dos ó más de éter, se disuelven las partes de algodón que no han sido completamente nitrificadas cuya cantidad varia de 10 á 15 por 100, segun la perfección mas ó menos grande de la fabricación.

El algodón pólvora comprimido se llama seco cuando solo contiene 2 por 100 de agua. Si se sumerge en este liquido y tiene una densidad igual á 1, al cabo de 2 ó 3 mi-

nutos absorbe 20 por 100 y después de algunas horas está saturado, conteniendo de 30 á 35 por 100. Cuando la densidad es de 1'5 solo absorbe 20 por 100.

El algodón pólvora Abel sumergido libremente en el agua aumenta de dimensiones en dirección perpendicular á las caras de compresión, disminuyendo por consiguiente la densidad, este defecto puede aminorarse sometiénolo á una compresión permanente durante la inmersión.

Al aire libre pierde rápidamente una parte de su agua; desde que contiene 12 por 100 la evaporación se hace con más lentitud.

119. PROPIEDADES QUÍMICAS.—El ácido sulfúrico de densidad 1'4 á 1'7 disuelve completamente el algodón pólvora, dando un líquido incoloro cuando la temperatura no es elevada, si lo es, descompone al algodón pólvora y hacia los 100° hay abundante desprendimiento de anhídrido carbónico y de nitrógeno.

El ácido nítrico de densidad 1'45 calentado lentamente hasta la temperatura de 38 á 67° puede disolver 20 por 100 de su peso de algodón pólvora soluble, que precipita sin alteración por una adición de agua.

La potasa cáustica disuelve lentamente al algodón pólvora en frío y rápidamente hacia los 60°; pero entónces hay descomposición que por el calor desarrollado puede producir la inflamación. Los carbonatos alcalinos disuelven difícilmente al algodón pólvora.

El algodón pólvora seco absorbe el gas amoniaco sin cambiar de formas ni de propiedades explosivas, adquiriendo un color amarillo sucio. El amoniaco líquido le disuelve un poco en frío y mas en caliente; pero al mismo tiempo hay descomposición.

El sulfuro de amoniaco, el sulfato de potasio y el cloruro de hierro convierten el algodón pólvora en celulosa. Estas

reacciones deben tenerse en cuenta en la conservación del algodón pólvora en tierra y sobre todo á bordo.

De experiencias practicadas para averiguar la acción química que pueda producir el algodón pólvora húmedo sobre diversos metales durante un contacto prolongado se deduce que después de cuatro meses el *cobre* y el *plomo* no sufren ni producen ninguna acción aparente: el *hierro* empieza á oxidarse mucho más en los ángulos que en el centro. El papel de tornasol aplicado á los puntos rojos, no cambia de color y el mismo resultado se obtiene aplicándolo al disco de algodón pólvora. El *zinc* empieza á ser atacado ligeramente en los ángulos de las planchas, el papel de tornasol aplicado á los puntos atacados, se enrojece, al parecer; pero la coloración es tan poco marcada que no puede afirmarse que existan ácidos en libertad.

Algunos pedazos de algodón pólvora húmedo al 25 p_o/o se mantuvieron cuatro meses en un torpedo con cierta cantidad de agua del mar; al cabo de este tiempo los discos presentaban un color rojizo que penetraba 1 ó 2 centímetros. La envuelta se halló muy oxidada y presentando al interior algunos puntos rojos brillantes. El papel de tornasol aplicado contra los discos, se enrojecía ligeramente. En las paredes del torpedo se notaban señales de acidéz más pronunciadas que en la sustancia explosiva.

Las experiencias se prolongaron con objeto de hallar un barniz que protegiera al algodón pólvora del efecto pernicioso, si existe, de la oxidación de los recipientes donde está contenido, sin obtener resultado satisfactorio.

Las envueltas de los torpedos franceses se hacen actualmente de plancha de hierro galvanizada.

120. Un cartucho cargado del torpedo Bustamante se mantuvo enterrado por espacio de dos años en un sitio muy húmedo; reconocido después, se halló su carga en perfecto

estado sin presentar en parte alguna signos de descomposición. Las paredes del recipiente se hallaron muy oxidadas; pero sin acusar reacción ácida sobre el papel de tornasol.

121. ACCIÓN DE LA LUZ SOLAR.—El algodón pólvora sometido durante tres ó cuatro días á la influencia de los rayos solares ó á la luz difusa, se descompone lentamente esparciendo un olor ligeramente aromático y enrojeciendo el papel de tornasol. Estos síntomas de descomposición desaparecen cuando se vuelve á poner al abrigo del aire en la oscuridad; pero conserva mayor facilidad explosiva.

122. ACCIÓN DEL CALOR.—El calor descompone tanto más fácilmente al algodón pólvora cuanto su nitrificación es más incompleta. Cuando está bien preparado, no debe presentar signo alguno de descomposición sobre el papel yodurado sometido á un calor lento inferior á 65°.

El algodón pólvora arde vivamente al aire libre con llama amarilla, sin hacer explosión y sin dejar apenas residuos, cuando se comunica el fuego por un cuerpo incandescente. La combustión del algodón pólvora en rama es tan rápida, que puede arder sobre la pólvora ordinaria sin que esta se inflame. El algodón pólvora comprimido seco arde más lentamente.

Los autores asignan distintos valores á la temperatura que requiere el algodón pólvora para su explosión, por variar sin duda con la calidad de la sustancia experimentada. Según Schonbein el algodón pólvora calentado al baño de aceite no hace explosión cuando la temperatura es inferior á 130°. A 150° se produce al cabo de 12 minutos, á 175° después de 30 segundos y á 230 instantáneamente.

Pelouze le asigna de.	140 á 150
Payen id. id.	175 á 180
Champion (algodón pólvora Abel.)	205 á 220

Una temperatura inferior á 100°, puede producir en ca-

sos no bien conocidos, la inflamación del algodón pólvora. La explosión que tuvo lugar en el bosque de Vincennes en un pequeño almacén lleno de algodón pólvora que el sol habia calentado fuertemente, las explosiones del Bouchet y de Faversham en que la temperatura de la estufa no podía ser superior á 45 ó 50°, demuestran que es necesario tomar muchas precauciones en el secado del algodón pólvora. Esta sensibilidad exagerada, se atribuye ó á una gran cantidad de algodón pólvora soluble ó á un principio de descomposición.

Hemos dicho que el algodón pólvora arde vivamente al aire libre sin hacer explosión cuando se comunica el fuego por medio de un cuerpo incandescente; encerrado en cajas ligeramente construidas, arde también sin explosión; los primeros gases formados rompen las cajas y no reaccionan sobre el resto del contenido: encerrado en cajas resistentes ó acumulado en gran cantidad en almacenes de sólida construcción, la inflamación dá lugar á una violenta explosión como sucedió en Stow-Market. De esto se deduce el modo como debe conservarse el algodón pólvora: en cajas poco resistentes y en almacenes ligeramente contruidos, evitando aglomerar grandes cantidades así como el colocarlo en la proximidad de cuerpos inflamables.

En lo que acabamos de manifestar nos referimos al algodón pólvora seco; húmedo, su combustibilidad es tanto menor cuanto mayor es la cantidad de agua que contiene.

Según Mr. Abel cuando el algodón pólvora contiene 7 por 100 de agua se inflama al contacto de un hierro enrojecido y continúa ardiendo difícilmente. Con 9 por 100 solo arde con llama durante el contacto del hierro enrojecido.

Con 12 por 100 el hierro enrojecido trasforma el agua en vapor; pero no determina la inflamación.

De estas conclusiones de Mr. Abel se deduce que siem-

pre que el algodón pólvora contenga más de 12 por 100 de agua, podrá conservarse sin riesgo alguno, aunque esté contenido en cajas resistentes y en almacenes contruidos con gran solidéz. Con objeto de hacer desaparecer toda duda sobre este punto y de ver como se conducía el algodón pólvora *húmedo* en caso de incendio, se hicieron en Eastbourne las experiencias siguientes:

Se encerraron en un almacén abovedado y sólidamente contruido, cuyo muro tenía 0'60 y la bóveda 0'23 metros; 1000 kilogramos de algodón pólvora al 23 por 100 de agua contenidos en una sola caja de madera.

Se colocó en otro almacén idéntico igual cantidad de explosivo repartido en 80 cajas apiladas en forma prismática.

Debajo de las cajas y alrededor de las mismas se acumuló gran cantidad de materias combustibles, á las que se dió fuego, primero á las del primer almacén y cinco minutos después á las del segundo. Trascurridos algunos minutos, empezó á salir de los dos almacenes un humo espeso; una hora próximamente después una llama pálida por la puerta del segundo y poco tiempo después por la del primero. El contenido de aquél ardió con brillo intermitente, como si cada caja cayese sucesivamente en el foco. El fenómeno duró una hora y cuarenta minutos, después de cuyo tiempo cesó la llama. El contenido del primer almacén ardió más regularmente, con gran vivacidad y durante menos tiempo.

Se penetró en los almacenes, dos horas próximamente después de comunicado el fuego, y se hallaron las bóvedas grieteadas por el calor; pero no se notó señal alguna de explosión. La temperatura en el interior de los almacenes era elevadísima y casi impedía aproximarse á la entrada.

Las condiciones en esta experiencia fueron muy ventajosas para el algodón pólvora. Los dos almacenes eran

sólidos y la única salida que tenían los gases, era la puerta.

La seguridad que presenta la conservación del algodón pólvora húmedo, debe atribuirse á la cantidad de agua que contiene, pero puede suceder que un incendio haya estado ahogado, por decirlo así, durante algún tiempo, y haya secado suficientemente al algodón pólvora; entonces su inflamación será susceptible de producir la explosión.

123. ACCIONES MECÁNICAS.—El algodón pólvora seco sometido á un choque violento entre dos cuerpos duros puede hacer explosión, ésta solo se verifica en el punto cho-cado; el resto de ordinario es proyectado é inflamado. El choque producido por la caída de un peso de 25 kilogramos desde 4 metros de altura, sobre un pedazo de algodón pólvora de 6 mjm de espesor, colocado sobre un yunque, provoca la explosión.

Experiencias practicadas para conocer el efecto del choque de un proyectil de arma portatil disparado á corta distancia (36, 57 y 91 metros) dieron resultados variables, segun la colocación del algodón pólvora; libremente suspendido, sufrió solo un desplazamiento, apoyado contra madera, se inflamó y contra hierro se produjo la explosión.

Los choques de los proyectiles de una ametralladora disparados á 15 metros de un torpedo cargado con algodón pólvora húmedo y cebado con 600 gramos de algodón pólvora seco y 1'5 gramos de fulminato de mercurio, solo en dos experiencias de tres que se practicaron en que los proyectiles atravesaron los discos, que constituían la carga iniciadora, en sentido de su eje, produjeron una simple inflamación. La espoleta fué proyectada sin haberse inflamado.

El algodón pólvora húmedo, como era de esperar, resiste mejor que el seco los efectos del tiro á pequeñas distancias.

El rozamiento puede producir la inflamación del algodón pólvora seco. Así, es preciso trabajar con intermitencia cuando hay necesidad de taladrar, raspar ó aserrar un ladrillo seco y es conveniente tener la precaución de tener agua á mano. Desde que el algodón pólvora contiene 17 por 100 de agua, pueden hacerse con él estas operaciones y aun cepillarlo sin tomar otra precaución que la de mojar de cuando en cuando la herramienta si está animada de gran velocidad. Sin embargo cuando el algodón pólvora húmedo sufre fuertes presiones puede detonar parcialmente, á causa del calor desarrollado por la compresión y la situación confinada de la materia explosiva.

126. DETONACIÓN.—Ya dijimos en el primer capítulo que para obtener la detonación del algodón pólvora era conveniente emplear el fulminato de mercurio. Dijimos también, extractando una memoria de Mr. Abel, que este químico considera necesarios para producir la detonación del algodón pólvora 1'20 ó 1'94 gramos de fulminato, si están encerrados en un tubo de madera delgada ó en un cartucho de papel y solo 0'32 gramos contenidos en una envuelta de metal, siempre que en ambos casos sea riguroso el contacto con el algodón pólvora seco.

De esto se desprende que el espesor y la naturaleza de la envuelta tienen gran influencia sobre la cantidad de fulminato necesaria para producir la detonación.

La Escuela de pirotecnia francesa, en unas experiencias practicadas para dilucidar este punto, encontró que era preciso emplear.

0'5 gramos echados directamente.

0'7 en un tubo de papel de estaño de 0'1 m/m de espesor.

0'8 » » » » » » » » 0'2 » » » » » » » »

0'6 en un tubo de oropel de » » » » » » » » 0'1 » » » » » » » »

0'5 » » » » » » » » 0'2 » » » » » » » »

y que con 1'8 gramos en un tubo de pluma no se pudo nunca provocar la detonación.

A medida que la distancia del fulminato al algodón pólvora es mayor, la cantidad de fulminato que se requiere es también mayor. En contacto riguroso, como hemos dicho, son suficientes 32 centígramos y si la distancia es de 13 milímetros, la indispensable para provocar la detonación es 1'3 gramos.

Las espoletas que ha usado esta Escuela en sus distintas experiencias contienen 1'5 gramos de fulminato encerrados en un tubo de hoja de lata de 0'3 milímetros de espesor. Las adoptadas en Francia contienen igual cantidad. Esta carga es suficiente para asegurar la detonación del algodón pólvora *seco* en todos los casos. Cuando está húmedo, la cantidad de fulminato necesaria, aumenta considerablemente.

Con 5 por 100 de agua, la detonación es dudosa con 1'5 gramos.

Con 17 por 100 de agua, para obtener la detonación en vasos cerrados, es preciso, según Mr. Abel, la acción directa de 13 gramos de fulminato.

Si hubiese sido necesario, para obtener la detonación del algodón pólvora húmedo, emplear *solo* el fulminato de mercurio hubiera sido preciso ó hacer uso de grandes cantidades de este compuesto lo que sería peligroso, ó secar el algodón pólvora antes de hacer uso de él con cuya operación quedaban sino anuladas, al ménos disminuidas en gran parte las ventajas que presenta el explosivo húmedo de que nos ocupamos; pero Brown reconoció que podía obtenerse la detonación por medio de la inicial de cierta cantidad de algodón pólvora seco: descubrimiento utilísimo, pues con un peso relativamente pequeño del explosivo seco, puede obtenerse toda la fuerza que es susceptible de desarrollar el húmedo.

Sabemos que desarrollada la detonación en una parte de la masa, se trasmite á toda ella con una velocidad casi instantánea, aun cuando la sustancia esté al aire libre. Esta velocidad es tanto mayor cuanto mayor es la densidad de los discos de algodón pólvora y cuanto más cerca estén unos de otros.

La detonación del algodón pólvora seco se trasmite al húmedo con la misma facilidad que si fuese seco siempre que la cantidad que constituye la carga del primero, que se acostumbra llamar carga iniciadora, sea suficiente; que los diversos discos, ladrillos etc. tengan la misma proporción de agua, la misma densidad y estén en contacto entre sí y con la primera carga.

Sabemos, que la magnitud que pueden tener las soluciones de continuidad depende de la de las masas y que la separación de 50 m/m. es suficiente para impedir que la detonación de 226 gramos de algodón pólvora al aire libre, se trasmita á cargas inmediatas.

En Enstbourne se hizo una série de experiencias en las que se hizo detonar un torpedo cargado con 225 kilogramos de algodón pólvora á distancias de 60 á 18 metros de un almacén que contenía próximamente una tonelada de algodón pólvora húmedo, sin que se produjese en este efecto alguno.

La carga de algodón pólvora necesaria para producir la detonación de húmedo depende de la cantidad de agua que este contenga; según Abel cuando contiene 17 por 100, es suficiente emplear 6'6 gramos y cuando contiene 20 por 100, debe aumentarse hasta 112 gramos.

Según unas experiencias francesas, estas cifras de Mr. Abel son solo mínimos que no aseguran su detonación aun en el caso de que la carga iniciadora solo esté separada de la humedad por una lámina delgada de metal.

La carga iniciadora usada por la Escuela de torpedos en sus distintas experiencias, ha sido de unos 800 gramos y la que se emplea en los torpedos ingleses modernos es de 5 libras.

Tal vez podrá creerse que aumentando la carga iniciadora, suficiente para provocar la detonación, se obtendrán mayores efectos, pero no es así: dos torpedos de 100 kilogramos en que la carga iniciadora de uno era de 400 gramos y la del otro de 10 kilogramos, produjeron detonaciones del mismo valor.

La posición de la carga iniciadora, siempre que esté bien en contacto con la húmeda, es al parecer indiferente. La detonación de pilas de discos de algodón pólvora en que la carga iniciadora estaba colocada unas veces en el centro y otras en la extremidad, fué siempre del mismo orden y de la misma magnitud.

La naturaleza del metal del tubo que contenga la carga iniciadora no tiene gran importancia. En Francia después de una serie de experiencias, se adoptó la plancha de hierro de 0'5 milímetros de espesor.

Hemos dicho que el algodón pólvora por la inmersión en el agua aumenta de volumen y disminuye por consiguiente de densidad. El empleo de algodón pólvora saturado, podrá exigir un aumento de carga iniciadora y en efecto, las explosiones de varios torpedos cargados con algodón pólvora saturado, fueron algo inferiores á los de otros idénticos á escepción de la carga que era húmeda al 17 por 100 en unos y al 20 por 100 en otros. La carga iniciadora fué en ambos casos de 625 gramos. Empleando doble carga iniciadora, es decir, 1250 gramos, las detonaciones fueron satisfactorias en todos los casos.

La conservación del algodón pólvora húmedo en el agua, conservación tal vez la más cómoda, tiene el inconveniente

del aumento mencionado de volumen, inconveniente que no es de consideración, toda vez que empleando una carga iniciadora que no sea inferior á 1250 gramos, se obtienen efectos idénticos á los que habría producido la misma carga sin el referido aumento.

Con el algodón pólvora saturado con agua del mar, se tienen los mismos efectos que con el saturado de agua dulce, con carga iniciadora de 625 gramos, detonaciones incompletas y con carga doble detonaciones comparables en un todo con las obtenidas con el algodón pólvora con el grado de humedad normal.

Se comprende que la detonación de una carga de algodón pólvora estará tanto más asegurada, (satisfechas las condiciones indispensables de carga iniciadora y fulminato) cuanto más pequeña sea la distancia entre las masas que constituyen la carga; para satisfacer á esta condición, se dá al algodón pólvora que ha de constituir la carga de los torpedos modernos, formas adecuadas á la envuelta que lo ha de contener, con lo que al mismo tiempo que se anula la distancia entre las distintas masas, facilita mucho la operación de carga.

En los torpedos antiguos y en los improvisados en los que la forma que afecta el algodón pólvora, es independiente de la envuelta, la estiva metódica de la carga, es una operación laboriosa y se comprende cuán ventajoso sería poder prescindir de ella. Las experiencias practicadas con este objeto, aunque pocas, prueban que dicha operación es indispensable.

Dos torpedos de 100 kilogramos cargados uno á granel y otro metódicamente, produjeron, el primero una explosión insignificante y el segundo una detonación completa.

Iniciada la detonación, en un explosivo la transmisión á

toda la masa es tanto más fácil cuanto menos comprensible sea y mayor la densidad del mismo.

Siendo el agua poco comprensible, el trabajo desarrollado por una carga se transmite casi íntegramente á las capas próximas, siempre que la profundidad sea de alguna consideración; dichas capas podrán pues transmitir casi con igual intensidad el choque que reciben á otra masa de explosivo y provocar su detonación. El contacto riguroso entre la carga iniciadora y la restante y el de las distiutas masas que componen esta última, no es necesario en las explosiones submarinas, cuando el agua llena los intervalos.

Estas consideraciones hacen comprender porque se obtiene la detonación de fragmentos de algodón pólvora sumergidos en el mar y unidos solo por una red.

PRODUCTOS DE LA DESCOMPOSICIÓN.

125. MM. Sarrau y Vieille han analizado los productos de la descomposición del algodón pólvora y encontrado que la proporción relativa de éstos, lo mismo que el volumen gaseoso, varía con la densidad de carga, es decir con la presión desarrollada en el momento de la explosión. A continuación consignamos algunos de sus resultados.

Densidad de carga.	0,01	0,023	0,2	0,3
	cm ³	cm ³	cm ³	cm ³
Volumen gaseoso producido por 1 ^g á 0° y á 0 ^m 76..	658,5	670,8	682,4	»
Composición de los gases.				
100 volúmenes.				
CO.	49,3	43,3	37,6	34,7
CO ² .	21,7	23,6	27,7	30,6
H..	12,7	17,2	18,4	17,4
N..	16,3	15,9	15,7	15,6
CH ⁴ .	0,0	Trazas	0,6	1,6

El anhídrido carbónico y el hidrógeno, aumentan con la densidad de carga, mientras que el óxido de carbono disminuye. También se forma cierta cantidad de gas de los pantanos que aumenta con la densidad.

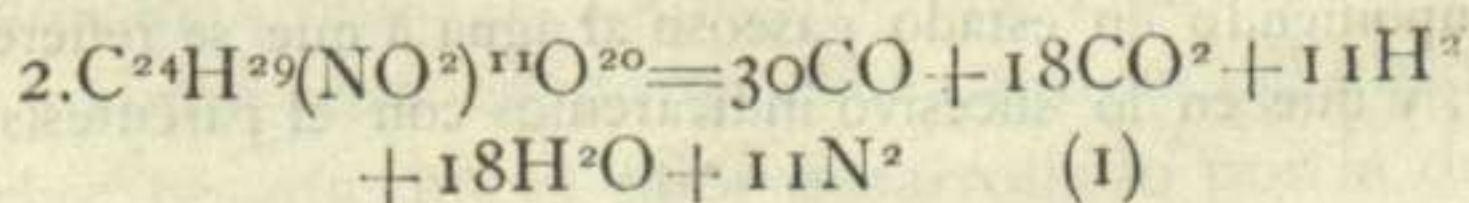
126. Cuando se inflama simplemente el algodón pólvora por medio de un hilo enrojecido y se deja libre salida á los gases bajo una presión próximamente igual á la atmosférica, los citados autores han obtenido:

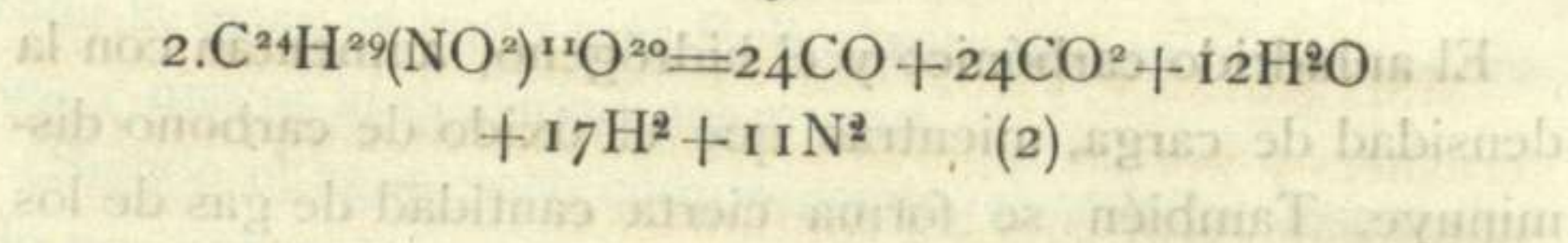
NO	24,7
CO	41,9
CO ²	18,4
H.	7,9
N.	5,8
CH ⁴	1,3

100,0 volúmenes

El óxido nítrico se forma también en las explosiones incompletas y modificándose en contacto del aire, aparece bajo la forma de vapores rutilantes de peróxido nítrico. Este hecho se produjo en una explosión de un torpedo de 500 libras verificada por la Escuela de torpedos. La carga iniciadora no estaba en contacto con la del torpedo y la explosión fué incompleta encontrándose en el fondo del mar una fracción importante de la carga.

127. Mr. Berthelot fundándose en los resultados de MM. Sarrau y Vieille y despreciando la pequeña cantidad de gas de los pantanos, admite las dos ecuaciones siguientes de descomposición; la primera para pequeñas y la segunda para grandes densidades de carga.





El calor desarrollado á presión constante según la ecuación (1) es 2460 Calorías (agua líquida) (a) 2280,0 Calorías (agua gaseosa) (b) ó sea por kilogramo 1076 Calorías (agua líquida), ó 997 (agua gaseosa).

Según la ecuación (2) que representa el límite de la reacción para grandes densidades de carga, el calor desarrollado es de 2455,2 Calorías (agua líquida); 2335,2 Calorías (agua gaseosa) y por kilogramo 1074 Calorías (agua líquida) ó 1022 Calorías (agua gaseosa).

El calor desarrollado es sensiblemente el mismo, para las dos ecuaciones, varía por consiguiente poco con la densidad de carga.

128. El volumen gaseoso calculado según la ecuación (1) es de 1562,40 litros (agua líquida) ó 1964,16 litros (agua gaseosa) ó sea por kilogramo, 683,4 ó 859,9 litros.

Según la ecuación (2), el volumen gaseoso es el mismo que resulta de la ecuación (1) suponiendo el agua en estado de vapor; suponiéndola líquida, es de 742 litros por kilogramo. Así, el volumen de los gases sufre pequeñas variaciones con la densidad de carga.

129. La presión teórica (29) desarrollada por el algodón pólvora es de

$$\frac{15305}{V} \text{atmósferas.}$$

(a) Suponiendo en estado líquido al agua producida en la reacción, suposición que en adelante indicaremos del siguiente modo (agua líquida.)

(b) Suponiendo en estado gaseoso al agua á que se refiere la nota anterior, y que en lo sucesivo indicaremos con el paréntesis (a gua gaseosa.)

MM. Sarrau y Vieille han encontrado por medio de los crushers y por las siguientes densidades de carga los resultados que expresamos á continuación:

0,10..	1185
0,15..	2205
0,20..	3120
0,30..	5575
0,35..	7730
0,45..	9760
0,55..	11480

Estos números deben interpretarse según la teoría de los crushers que posteriormente dieron á conocer (27). Conforme á ella, el algodón pólvora para una densidad de carga 0,2 desarrolla una presión de 1985 kilogramos, de donde se deduce (31) que la presión específica es de 10000 kilogramos en números redondos.

La fórmula teórica dá resultados superiores á los hallados experimentalmente y solo puede aplicarse en el caso de pequeñas densidades de carga.

130. Con el algodón pólvora húmedo, (admitiendo que la reacción química sea la misma que la que corresponde á fuertes densidades de carga), el calor desarrollado es igual al del algodón pólvora seco; pero parte de él se emplea en hacer pasar al estado de vapor, á una parte ó á la totalidad del agua incorporada á la sustancia. El volumen gaseoso es igual en el primer momento al del explosivo seco aumentado con el del vapor de agua formado.

Sea por ejemplo el algodón pólvora con 25 0/0 de agua. En cada kilogramo de explosivo seco, hay 250 gramos de agua y como para evaporar esta cantidad se absorben 134 Calorías, resulta que el calor desarrollado por la detonación

de un kilogramo de algodón pólvora que contenga la cantidad de agua antes mencionada, es de

$$1022 - 134 = 888 \text{ Calorías.}$$

El volumen gaseoso por kilogramo de explosivo seco, aumentado con el 25 % de agua, suponiendo siempre la evaporación total, es de 1169 litros.

La presión teórica desarrollada por el algodón pólvora seco es de

$$\frac{15305}{V} \text{ atmósferas.}$$

y la producida por la misma sustancia con 25 % de agua

$$\frac{12971}{V} \text{ atmósferas.}$$

La incorporación de un 25 % de agua al algodón pólvora, produce una disminución en la presión, de próximamente $\frac{1}{7}$.

Es conveniente no olvidar que este cálculo está fundado en la hipótesis de una evaporación total.

PRUEBAS DE RECIBO DEL ALGODÓN PÓLVORA.

131. El algodón usado en el servicio de nuestras defensas submarinas proviene, como hemos dicho, de la fábrica de Stow-Market.

Las pruebas á que se somete antes de su recepción, son las siguientes:

Examen físico y verificación de las formas.

Determinación de la densidad.

Idem del grado de humedad.

Idem de los residuos.

Idem de la cantidad de algodón pólvora soluble.

Idem id. id. id. de carbonato de sodio que contiene.

Prueba del calor.

Las porciones de algodón pólvora que se han de someter á las pruebas, se eligen del modo siguiente:

Con las cajas sometidas al reconocimiento se hacen grupos de diez y de cada grupo, se abre una cualquiera, de la que se extrae próximamente un quinto del contenido y se miden las dimensiones de las masas que lo componen.

De este quinto, se toman las tres cuartas partes que se someten á las pruebas de humedad y densidad, y el último cuarto á las de solubilidad, alcalinidad y calor.

Si la forma y dimensiones halladas no satisfacen á las condiciones requeridas, el grupo de las diez cajas, correspondiente á las masas examinadas, se rechaza, pero podrá presentarse de nuevo al recibo despues de haber sufrido el arreglo de dimensiones.

Lo mismo se verifica con los lotes que no presenten la densidad requerida; estos lotes pueden presentarse de nuevo despues de haberse sometido á un nuevo prensado.

Si las muestras no satisfacen á las pruebas de *incineración, solubilidad, alcalinidad* y calor, exceptuando el caso que haya lugar á repetir la prueba, se rechazan si no pueden reducirse á los límites prescritos sometiéndolos á una nueva manipulación.

132. MEDIDA DE LAS DIMENSIONES.—Se verifica por medio de vitolas con las tolerancias admitidas, siendo el gra-

do de humedad en el momento del examen el que debe contener normalmente el algodón pólvora.

133. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD.—La densidad del algodón pólvora debe al menos ser igual á la unidad. Se obtiene dividiendo el peso del sólido seco por su volumen medido en el mismo estado.

134. PRUEBA DE HUMEDAD.—Las porciones sometidas al exámen se secan en una estufa cuya temperatura no sea superior á 60^0 , se pesan de tres en tres horas, hasta que la pérdida de peso sea inferior á $\frac{1}{2}$ por 100. Entonces se pesa cada disco, ladrillo, etc. y se toma el promedio como peso de cada uno de ellos seco, cuyo peso sirve para determinar la densidad; enseguida se expone al aire libre en el que permanecen durante dos horas y vuelven á pesarse. Los nuevos pesos sirven para fijar el peso neto y por consiguiente el precio de la partida de algodón pólvora que se examina.

135. DETERMINACIÓN DE LOS RESÍDUOS. Se quitan raspando ligeramente algunos gramos de algodón pólvora de la parte central del disco, ladrillo, etc., y se pesan dos gramos que se calientan en una cápsula. El algodón pólvora se inflama y arde á medida y se seca. El peso del residuo debe ser inferior á 8 centigramos, es decir á menos del 4 por 100.

136. PRUEBA DE SOLUBILIDAD.—Se quitan del modo antes dicho 30 gramos de algodón pólvora de la parte central del disco, etc., y se colocan en un vaso de cristal que contengan próximamente dos litros de agua destilada á la temperatura de 50^0C y se dejan durante cinco minutos, removiéndolos de cuando en cuando, se filtran entonces á través de un trapo fino y se comprimen después con la mano tanto como sea posible; acto seguido vuelven á colocarse en el vaso para sufrir un segundo lavado igual al primero.

Terminado éste vuelve á filtrarse como antes y por medio de una prensa de tornillo se comprimen fuertemente. Se colocan despues en una estufa calentada á 100° en donde se dejan durante 15 minutos y en seguida se exponen al aire durante dos horas.

Para la prueba de que nos ocupamos se pesan 3 gramos y 1'3 g. para la prueba de calor, que se verifica como después manifestaremos.

Los tres gramos de algodón pólvora se introducen en un pequeño matraz en el que se vierten 100 gramos de una mezcla líquida formada de una parte en peso de alcohol de 40° B y dos partes de éter rectificado. El matraz se agita rápidamente y se deja en reposo por lo menos dos horas. Se echa después el contenido del matraz sobre un filtro de muselina fina y terminada la filtración el algodón pólvora envuelto en la muselina y entre dos capas de papel de filtro, se somete á una presión considerable con una prensa de tornillo.

El algodón pólvora vuelve á colocarse en el matraz y vuelve á someterse á un segundo tratamiento igual al que acabamos de describir y á una segunda presión para expulsar el líquido tanto como sea posible. Acto seguido el algodón pólvora se extiende para facilitar el secado, cuya operación se termina en una estufa. Después se expone al aire durante dos horas y se pesa. La pérdida de peso representa la cantidad de algodón pólvora *soluble*. Ésta no debe ser superior á cuatro decígramos.

137. PRUEBA DE ALCALINIDAD.—Se opera con dos gramos de algodón pólvora secado al aire, sumamente divididos y tomados del centro del disco, ladrillo, etc. etc.

Se sigue el método volumétrico.

Los líquidos tipos se preparan del modo siguiente:

1.º Se diluye en agua, de modo que forme un litro pró-

ximamente un volumen de 20 centímetros cúbicos de ácido clorhídrico de 19° B. Esta mezcla constituye el licor ácido tipo.

2.º Se disuelven 20 gramos de carbonato de sodio en una pequeña cantidad de agua y se agrega después la necesaria para completar exactamente un litro.

La prueba se verifica entonces como sigue:

Se extrae del licor ácido un volumen de 10 centímetros cúbicos y se echa sobre los 2 gramos de algodón pólvora, se deja algún tiempo que se verifique la reacción y se decanta el líquido. Se lava el algodón pólvora hasta que las aguas del lavado no presenten reacción ácida, lo que sucede cuando tomando una gota no se enturbia con el nitrato de plata.

Estas aguas del lavado se reúnen al líquido con que se ha tratado al algodón pólvora.

Se toman de nuevo 10 centímetros cúbicos del licor ácido que se diluyen hasta obtener un volumen igual al que forman las aguas del lavado incorporadas al líquido con que se había tratado la sustancia. El líquido formado, constituye el licor de comparación.

Se echa en el líquido que ha obrado sobre el algodón y en el de comparación, un mismo volumen de tintura azul de tornasol y después con una bureta graduada en centímetros cúbicos, se determinan los volúmenes V y V' , expresados en la misma unidad, necesarios para neutralizar el ácido contenido en cada uno de los licores de la disolución alcalina.

$V' - V$ es el número de centímetros cúbicos del licor alcalino que contienen un peso de carbonato de sodio igual al que contenían los dos gramos de algodón pólvora.

Un centímetro cúbico de dicho licor contiene 2 centigramos de carbonato de sodio; el número $V' - V$ representa

por consiguiente los gramos de carbonato de sodio que contienen 100 gramos de algodón pólvora, es decir, el tanto por ciento de alcalinidad. Este número debe estar siempre comprendido entre 2 y 4.

138. PRUEBA DE CALOR. -Esta prueba tiene por objeto averiguar la mayor ó menor rapidez con que se altera el algodón pólvora bajo la influencia del calor.

APARATOS NECESARIOS.—1.º Un vaso esférico de cristal, sin cuello, de 20 centímetros próximamente de diámetro, lleno de agua hasta un centímetro á lo más del borde superior, provisto de una tapadera de hoja de lata ó de cobre. El vaso descansa en un trípode dispuesto encima de un manantial conveniente de calor. Una tela metálica le protege de la acción directa del foco.

La tapadera tiene cinco orificios dispuestos uno en el centro y los otros cuatro á su alrededor en dos diámetros perpendiculares. El central recibe un termómetro, otro un regulador de temperatura, el tercero un pequeño embudo y los dos últimos los tubos de pruebas que contienen el algodón pólvora.

Alrededor de estos últimos orificios y en la superficie inferior de la tapadera, se sueldan tres hilos de cobre, que se aproximan unos á otros de modo que obren como resortes y sirvan para sostener los tubos de prueba á la altura que se desea.

La parte superior del vaso se recubre de una pantalla de papel gris común.

2.º Dos tubos de prueba de doce centímetros, al menos de longitud.

3.º Tapones que ajusten á la boca de estos tubos, atravesados por una varilla delgada de cristal, afilada á la lámpara la extremidad inferior y provista ésta de un ganchito de platino destinado á mantener el papel de prueba.

PREPARACIÓN DEL PAPEL DE PRUEBA.—El papel de prueba se prepara como sigue: Se echan 3 gramos de almidón blanco en 200 gramos de agua y se agita y calienta la mezcla hasta su ebullición.

Se disuelve un gramo de yoduro de potasio en 250 gramos de agua.

Estas dos disoluciones se mezclan íntimamente y en la mezcla resultante, se introducen pedazos de papel blanco de filtro, que se dejan escurrir y secar.

Los pedazos de papel que se usan generalmente en las pruebas, tienen 15 centímetros de longitud por 12 de ancho.

El papel se conserva en un frasco bien tapado.

REALIZACIÓN DE LA PRUEBA.—Se toman 1'3 gramos de algodón pólvora lavado y bien seco, como hemos dicho en la prueba de solubilidad, y se colocan en un tubo de prueba apretándolo ligeramente. El tubo se cierra con un tapón ordinario.

Se calienta el agua del vaso esférico, y cuando el termómetro, que está introducido 8 ó 10 centímetros en la misma, acusa una temperatura comprendida entre 64'5 y 65'5° C., se mantiene ésta por medio del regulador y se introduce en el agua próximamente 7 centímetros el tubo que contiene el algodón pólvora.

Al ganchito de la varilla de cristal, se fija un pedazo de papel de prueba, de modo que cuando se introduzca en el tubo, tome una posición vertical.

A la parte superior de este pedazo de papel, se aplica una gota de una disolución que contenga un décimo de glicerina pura; esta gota debe ser suficiente para mojar solamente la mitad del papel.

Se retira el tapón ordinario del tubo y se reemplaza por el que lleva la varilla. El papel de prueba se mantiene tan próximo como sea posible á la parte superior del tubo, has-

ta cinco ó seis minutos después de la inmersión de éste. Al cabo de este tiempo, se depositará en el tubo de prueba y en la parte que queda sobre la tapadera, un anillo de vapor; entonces se baja la varilla hasta que el límite inferior de la parte mojada esté al nivel de la parte inferior del anillo de vapor depositado en el tubo.

Se observa atentamente el papel y cuando una débil coloración oscura, aparece sobre la línea que separa la parte seca de la parte mojada del papel, termina la prueba.

El intervalo de tiempo entre el momento en que se introduce el tubo que contiene el algodón pólvora en el agua á 65° y el momento en que se produce la coloración oscura del papel, debe ser al menos de diez minutos.

ALGODÓN PÓLVORA PARAFINADO.

139. El algodón pólvora húmedo al cabo de algun tiempo de expuesto al aire, pierde una parte considerable del agua que contiene y para mantenerlo en el debido estado higrométrico, se requieren las operaciones consignadas en el reglamento de conservación de dicha sustancia, que incluimos al final de esta obra. Con objeto de tener mezclas mas estables, se ha propuesto sustituir el agua por parafina; pero para que sean uniformes, es preciso añadir una dosis tal, que dificulta la detonación de la mezcla: 100 partes de algodón pólvora absorben 33 de parafina.

Algunas veces el parafinado es simplemente artificial y tiene por objeto, ó impedir la evaporación del agua si el al-

godón pólvora es húmedo, ó mantenerlo seco, si este es el estado del explosivo.

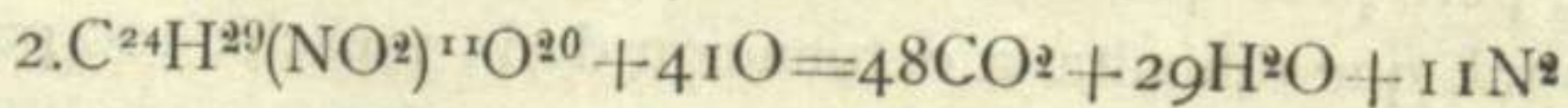
Para producir la detonación del algodón pólvora parafinado, se emplean los mismos medios que para producir la del algodón pólvora húmedo, es decir algodón pólvora ordinario seco, cebado con fulminato de mercurio.

La mezcla de alcanfor y algodón pólvora es aun mas difícil de detonar que las anteriores, ejemplo de ella es la *celuloide*, variedad de celulosa nítrica que tiene próximamente por fórmula $C^{24}H^{32}(NO^2)^8O^{20}$. Con el alcanfor pueden añadirse otras sustancias inertes que aumentan su insensibilidad al choque. Sometida á una temperatura de 150° es muy plástica, mas sensible á los efectos mecánicos que á la temperatura ordinaria y susceptible de hacer explosión.

En vaso cerrado, á la temperatura de 135° y con una densidad de carga de 0'4, se produce la detonación, desarrollando una presión de 3000 kilogramos.

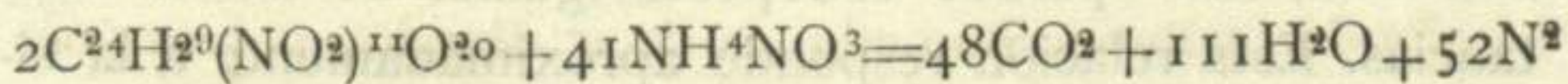
ALGODÓN PÓLVORA NITRATADO.

140. El algodón pólvora no posee suficiente oxígeno para que la combustión de sus elementos sea completa $2.C^{24}H^{29}(NO^2)^{11}O^{20}$ exige 41 O.



Desarrolla á presión constante 5265 Calorias (agua líquida) ó 4975 Calorias (agua gaseosa.)

La combustión total empleando como oxidante el nitrato de amonio requiere 1640 gramos de nitrato por 1143 de algodón pólvora



desarrolla á presión constante 7319'2 Calorias (agua líquida) 6209'2 Calorias (agua gaseosa) ó sea por kilogramo 1315 (agua líquida) ó 1116 (agua gaseosa).

El volumen gaseoso es de 2232 litros (agua líquida,) 4709'5 litros (agua gaseosa) y por kilogramos 401 (agua líquida) 846 (agua gaseosa).

$$\text{Presión teórica} = \frac{14651}{V}$$

MM. Sarrau y Vieille han encontrado prácticamente, empleando una mezcla de 60 partes de nitrato y 40 de algodón pólvora.

Densidad de carga.	.	0'2.	.	P=3270 kilogramos.			
»	»	»	.	0'3.	.	P=5320	»

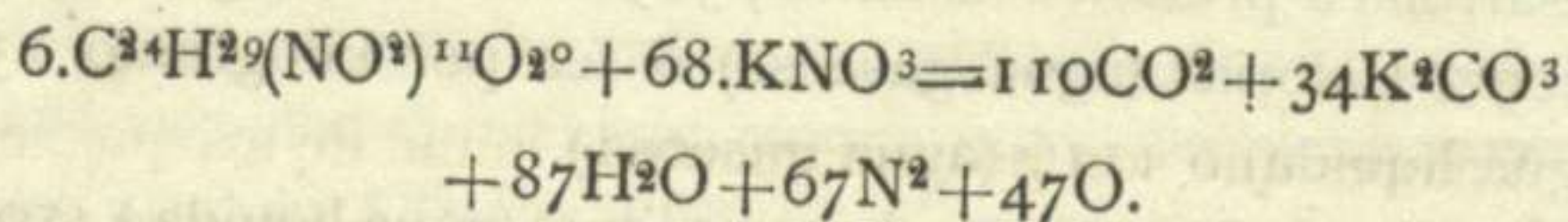
De donde se deduce (31) que la presión desarrollada por la sustancia, con la densidad de carga =1, es de 16350 y 17733 cuyo promedio es 17000 próximamente, número algo superior á 14651.

ALGODÓN PÓLVORA Y NITRATO DE POTASIO.

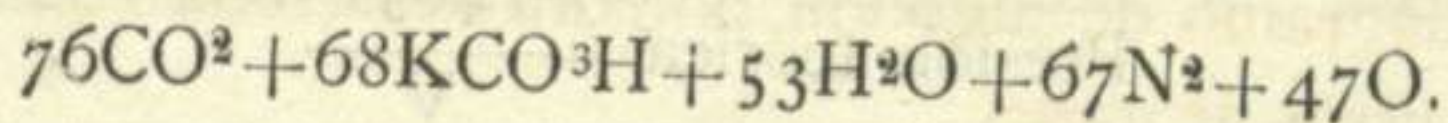
141. La combustión total del algodón pólvora emplea.

do como comburente el nitrato de potasio, requiere 828 gramos de ésta sale por 1143 de algodón pólvora.

MM. Sarrau y Vieille, con objeto de asegurar la combustión total, han operado con pesos iguales de ambas sustancias. Esta relación responde aproximadamente á la siguiente ecuación:



Durante el enfriamiento, el carbonato de potasio, se transforma en bicarbonato y se obtiene en definitiva



Esta ecuación representa una combustión con un exceso de nitrato y por consiguiente de oxígeno, desarrolla (carbonato, agua gaseosa) 13106 \times Calorias, ó (bicarbonato, agua líquida) 14815'8 ó sea por kilogramo 954 ó 1079 Calorias.

El volumen gaseoso (carbonato, vapor de agua) es de 6417 litros ó (bicarbonato, agua líquida) 3716, ó sea por kilogramo 467, ó 271 respectivamente.

MM. Sarrau y Vieille obtuvieron 454 Calorias; pero según Mr. Berthelot las condiciones en que verificaron la experiencia, no fueron las convenientes para producir la descomposición total del nitrato ni un cambio completo é inmediato del carbonato en bicarbonato. El volumen gaseoso obtenido fué de 196 litros, número muy pequeño por las razones que acabamos de manifestar.

Las presiones obtenidas experimentalmente por medio de crushers fueron:

Densidades de carga.	Presión.
0,20.	1315
0,30.	3100
0,40.	4900
0,50.	5520

Valores que son próximamente la mitad de los que se obtienen con el algodón pólvora puro ó mezclado con nitrato de amonio.

Estos resultados están conformes con lo que se deduce de la teoría, en efecto:

1 kilogramo de algodón pólvora desarrolla 1022 calorías y 859 litros de gases.

1 kilogramo de algodón pólvora mezclado con nitrato de amonio, desarrolla 1116 calorías y un volumen gaseoso de 846 litros.

Mientras que 1 kilogramo de algodón pólvora mezclado con nitrato de potasio, solo puede desarrollar 954 calorías y 467 litros de gases.

El volumen gaseoso producido por esta última mezcla es próximamente la mitad del producido por las dos primeras sustancias y el calor algo inferior; por consiguiente, las presiones, para una misma densidad de carga deben reducirse casi á la mitad. Así, no se deduce de la teoría que haya ventajas en mezclar el algodón pólvora con el nitrato de potasio; las únicas que se obtienen, son economía de algodón pólvora, presión menos brusca á consecuencia de los fenómenos de disociación que deben presentarse en mayor escala en la mezcla que con algodón pólvora puro y supresión del óxido de carbono.

La incorporación del nitrato de potasio al algodón pólvora

vora es difícil de realizar. Después que el algodón pólvora se ha reducido á pasta y ha sufrido el lavado en cubas, se coloca en una caja de madera donde se deja reposar, se decanta el líquido y se incorpora el nitrato de potasio reducido á polvo muy fino. Se tritura la mezcla durante muchas horas por medio de muelas y se somete después á la acción de una prensa hidráulica de la que sale afectando la forma de cilindros ó cubos que se secan á una temperatura de 38°.

Para facilitar la introducción de esta sustancia en cualquier recipiente, se fabrica también granulada.

De las experiencias verificadas en Francia con esta sustancia, se deduce que una espoleta de 1'5 gramos de fulminato de mercurio, produce la detonación de un cartucho seco; pero la detonación de este no provoca la del producto húmedo, ni la del algodón pólvora saturado de agua dulce, lo que corrobora lo que antes hemos manifestado, que las presiones iniciales desarrolladas por la mezcla son inferiores á las del algodón pólvora puro.

En Faversham se fábrica esta mezcla con el nombre de *tonita*.

142. PÓLVORA BLANCA DEL CAPITÁN SCHUTZE.— El capitán de la Artillería prusiana M. Schutze, encargado por su gobierno de hacer investigaciones sobre el algodón pólvora, encontró que la madera bien dividida, se prestaba mejor á la conversión en celulosa nítrica que el algodón cardado. Después de numerosas investigaciones y experiencias, produjo el explosivo que llamó *aserrín de cañón*, obtenido por medio de los ácidos y el salitre.

El capitán Schutze procede del modo siguiente:

Después de haber reducido la madera á un estado de división uniforme, le somete á un procedimiento de purificación para quitarle las sustancias resinosas. De este modo

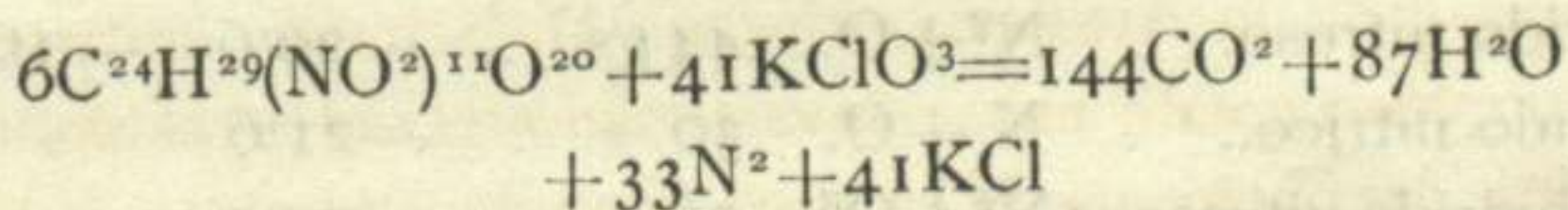
obtiene el lignito puro que trasforma en una sustancia débilmente explosiva, sumergiéndola en una mezcla de ácido sulfúrico y nítrico. La materia así obtenida no contiene aun oxígeno bastante para la combustión completa de los elementos. En este estado se somete á los lavados necesarios para la purificación, y por último se la comunica la potencia explosiva impregnándola con una disolución de salitre.

Por la sustitución de la madera al algodón se esperaba obtener un producto más barato que el algodón pólvora; pero las diversas operaciones que requiere la madera para su purificación, anulan las ventajas de su poco valor.

Pólvora Uchatius resulta de la acción del ácido nítrico sobre el almidón. Pelouze dió á este producto el nombre de *xiloidina*.

ALGODÓN PÓLVORA Y CLORATO DE POTASIO.

143. La combustión completa del algodón pólvora, empleando como oxidante el clorato de potasio, se verifica según la siguiente ecuación:



desarrolla 16221 Calorías (agua líquida,) 15351 (agua gaseosa,) ó sea por kilogramo 1365 Calorías (agua líquida), 1291 (agua gaseosa;) cifras superiores á las correspondientes al algodón pólvora puro (1074 Calorías (agua líquida,) 1022 Calorías (agua gaseosa).)

El volumen gaseoso es de 3951 litros (agua líquida,) 5892 (agua gaseosa), ó sea por kilogramo 332 litros (agua líquida),

496 litros (agua gaseosa,) números muy inferiores á las del algodón pólvora (743 litros (agua líquida,) 859 litros (agua gaseosa).)

La presión que desarrolla la mezcla de que tratamos, es inferior á la que produce el algodón pólvora puro. Por esta razón, por ser su precio elevado y por ser grandes los peligros de su fabricación y manejo, se ha renunciado á su empleo.

PANCLASTITAS.

144. La formación de los óxidos de nitrógeno se verifica con absorción de calor ó con desprendimiento de una cantidad muy pequeña.

En el siguiente cuadro se consignan los expresados valores para un peso de gramos, proporcional á una molécula de los distintos compuestos:

				CALOR DESPRENDIDO.	
				Gaseoso.	Líquido.
Óxido nitroso.	$N^2 + O.$	44 gs.	.	—20'6	—16'2
Óxido nítrico..	$N + O.$	30 »	.	—21'6	»
Anhidrido nitroso	$N^2 + O^3$	76 »	.	—22'2	»
Peróxido nítrico..	$N + O^2$	46 »	.	—2'6	+1'7
Anhidrido nítrico	$N^2 + O^5$	108 »	.	—1'2	+3'6

De aquí se deduce que habrá ventaja en emplear dichos óxidos como oxidante en la preparación de las sustancias explosivas. En estado líquido, casi viene á ser lo mismo que emplear el oxígeno puro prescindiendo del inconveniente de que parte del calor desarrollado en la explosión se con-

sume en calentar al nitrógeno lo que determina un descenso en la temperatura.

Mr. Turpín ha tenido la idea de emplear con el objeto antes dicho el peróxido nítrico, que es el óxido que puede manejarse más fácilmente por permanecer en estado líquido hasta la temperatura de 26° próximamente y puede entonces mezclarse con comodidad con diversos compuestos combustibles como el sulfuro de carbono, éter, esencia de petróleo etc., etc. Estas mezclas constituyen las *panclastitas* de que ha tomado privilegio el referido inventor. Poseen una fuerza explosiva comparable á la de los compuestos más enérgicos tales como la nitroglicerina, algodón pólvora y picrato de potasio, y solo detonan por la influencia de cebos de fulminato de mercurio.



CAPÍTULO V. (1)

EXPERIENCIAS DEL GENERAL ABBOT, CONTRASTE DEL DINAMÓMETRO Y TABLAS DE CONTRASTE.

En el capítulo primero describimos el dinamómetro de que se sirvió el General Abbot en las experiencias que vamos á extractar.

Con objeto de que el aparato tuviera diferentes grados de sensibilidad, se adoptaron cinco cilindros de plomo diferentes y de las siguientes dimensiones.

Longitud. — Pulgadas.	Diámetro. — Pulgadas.
1,006.	0,75
1,004.	0,60
1,003.	0,50
0,779.	0,40
0,601.	0,30

(1) Todo lo consignado en este capítulo, es extracto de la Memoria del General Abbot.

También se adoptaron tres pistones distintos cuyas áreas eran 0'100, 0'385 y 0'785 pulgadas cuadradas.

Los dinamómetros que los contenían se designaban con los números 1, 2 y 3 respectivamente.

Los manómetros de aplastamiento lo mismo que el aparato Rodman, solo registran, según el profesor Bartett, la energía kinética desarrollada por una explosión (1) y no dan luz alguna, ni sobre el tiempo de acción, ni sobre la ley que rige la variación de presión desde cero al principio de la explosión, á cero al final de la misma. Solo se obtiene la suma de los productos de la intensidad variable de la fuerza por los caminos recorridos por el pistón.

Aunque el modo de interpretar las indicaciones dinamo-métricas es teóricamente el mismo para el cobre que para el plomo, la dureza del primer metal ofrece cierta ventaja que simplifica considerablemente la investigación. La intensidad de acción de los gases, dice el general Rodman, al pasar desde cero al máximo, obliga á la cuchilla á penetrar en el cobre con tal fuerza, que desarrolla una superficie resistente impidiendo todo movimiento del pistón al pasar desde el máximo á cero. En otras palabras: el General Rodman cree que la longitud del corte en el disco de cobre depende principalmente de la presión máxima y de aquí que puede considerarse como una medida de dicha presión.

Experiencias practicadas en el Arsenal de Rock Island, demostraron que esta teoría no es exacta para discos y cilindros de plomo, al menos para pequeños cilindros y de aquí una marcada variación en los aplastamientos según el tiempo de aplicación de la presión. Hubo pues necesidad de eliminar el tiempo, en la formación de la tabla de contraste. Para ello, se hizo uso de un péndulo de 7'07 piés de longitud

(1) En el capítulo primero página 26, hemos extractado los trabajos de MM. Sarrau y Vieille sobre este punto.

y de 23'38 libras de peso. Detrás del péndulo se colocó un arco graduado, descrito desde el eje de suspensión como centro. Una masa de granito de dos ó tres toneladas de peso, se preparó convenientemente para recibir una pieza, en la que se atornilló el dinamómetro. Éste se colocó de modo que el extremo del pistón correspondía al centro de percusión del péndulo y en contacto con él cuando estaba vertical. Al martillo se fijó una cinta que pasaba por una polea y con su auxilio podía levantarse hasta cualquiera de las divisiones del arco. La cinta se cortaba con unas tijeras, y el martillo chocaba en la cabeza del pistón con la velocidad correspondiente á la caída del péndulo. Anotando el retroceso é impidiendo un segundo golpe, se tenían todos los datos para calcular exactamente el trabajo mecánico correspondiente al aplastamiento del plomo expuesto al choque.

La energía se calculó por la siguiente fórmula:

$$(1) \quad W = w l (\cos \alpha' - \cos \alpha)$$

siendo:

W energía kinética á la que es debido el aplastamiento del cilindro de plomo.

w peso del péndulo.

l longitud del mismo.

α ángulo de caída.

α' ángulo de retroceso.

De este modo se formó una tabla; en la que constaba el ángulo de caída, la energía kinética y el aplastamiento de los cinco cilindros de plomo.

Dividiendo la energía kinética de esta tabla por el área de los pistones en pulgadas cuadradas, se tiene la energía por dicha unidad de superficie, capaz de producir un aplastamiento determinado.

Entrando en dicha tabla con el aplastamiento producido por una explosión, se obtiene el trabajo que la misma puede desarrollar en el punto donde estaba colocado el dinamómetro, y dividiendo este trabajo por el camino recorrido por el punto de aplicación, es decir, por el aplastamiento del cilindro de plomo, se tiene la intensidad media de la fuerza; pero cada cilindro de plomo, presenta una resistencia diferente, y si se adopta el desplazamiento del pistón para calcular la intensidad media de la fuerza desarrollada, se obtienen cinco resultados diferentes no comparables entre sí; para que lo sean, es preciso que las resistencias que se oponen al movimiento, sean perfectamente iguales, y de aquí, la conveniencia de adoptar la profundidad del corte en los discos de cobre del aparato Rodman, para convertir las energías en presiones medias.

Para llegar á este resultado, se necesita emplear el péndulo y el aparato Rodman y determinar la profundidad del corte en los discos de cobre, producida por los mismos choques á que han estado sometidos los cilindros de plomo.

La profundidad del corte del disco de cobre, puede calcularse por la siguiente fórmula, en la que p representa la profundidad en piés, L la longitud del corte en pulgadas y α el ángulo que forman los dos lados de la cuchilla ($163^{\circ} 30'$)

$$(2) \quad p = \frac{L}{24 \tan \frac{1}{2} \alpha}$$

Las siguientes tablas manifiestan los resultados obtenidos.

Aplastamientos de los cilindros de plomo por medio del péndulo.

ÁNGULO DE CAIDA.	ENERGÍA KINÉTICA.	CILINDROS DE PLOMO.					OBSERVACIONES.
		$\frac{3}{10}$	$\frac{4}{10}$	$\frac{5}{10}$	$\frac{6}{10}$	$\frac{75}{100}$	
	Piés libras.	Pulgadas.	Pulgadas.	Pulgadas.	Pulgadas.	Pulgadas.	
3°	0,226	0,010	0,010	0,007	0,006	0,004	Los retrocesos correspondientes á las mayores caidas del péndulo, fueron:
5°	0,630	0,032	0,024	0,018	0,013	0,009	
10°	2,496	0,090	0,071	0,057	0,036	0,025	
15°	5,612	0,160	0,129	»	»	»	
20°	9,932	0,232	0,191	0,148	0,115	0,075	
25°	15,460	0,300	0,249	»	»	»	Para el cilindro $\frac{3}{10}$ de diámetro 1°,0 $\frac{4}{10}$ de » 2°,3 $\frac{5}{10}$ de » 2°,9 $\frac{6}{10}$ de » 2°,9 $\frac{75}{100}$ de » 4°,5
30°	22,090	0,357	0,309	0,251	0,187	0,138	
35°	29,870	0,404	0,363	»	»	»	
40°	38,610	»	0,411	0,365	0,275	0,203	
45°	48,370	»	0,470	»	»	»	
50°	58,970	»	0,521	0,463	0,363	0,274	
55°	70,380	»	0,560	»	»	»	
60°	82,510	»	0,591	0,560	0,448	0,340	
70°	108,610	»	»	0,636	0,527	0,396	
80°	136,350	»	»	0,703	0,587	0,450	
90°	164,990	»	»	0,744	0,637	0,500	

RESULTADOS CON EL APARATO RODMAN Y EL PÉNDULO.

Angulo de caída	Retroceso	Energía kinética.	Longitud del corte.	Profundidad del mismo (ecuación 2.)
Grados.	Grados.	Piés-libras.	Pulgadas.	Piés.
3	0,0	0,226	0,195	0,00118
5	0,0	0,630	0,290	0,00175
10	0,5	2,496	0,480	0,00290
15	2,0	5,532	0,640	0,00390
20	3,0	9,743	0,760	0,00460
25	5,0	14,860	0,900	0,00544
30	5,8	21,290	1,000	0,00604
35	6,2	28,930	1,130	0,00682
40	7,2	37,370	1,210	0,00731
45	8,0	46,800	1,285	0,00776
50	9,0	57,000	1,380	0,00834
55	10,0	67,980	1,440	0,00870
60	11,0	79,610	1,500	0,00906

Un detenido estudio de la tercera y quinta columna de esta tabla, hizo ver al General Abott que la profundidad del corte, es una función de la energía kinética del péndulo, de la forma

$$(3) \quad p = BW^{\frac{1}{3}}$$

Empleando el método de mínimos cuadrados para hallar el valor mas probable de B, se obtiene la ecuación de condición

$$0,277772 = 128,8221B$$

Sustituyendo en la ecuación (3) el valor que resulta de B (0,002156) se obtiene el siguiente valor de p.

$$(4) \quad p = 0,002156W^{\frac{1}{3}}$$

De la comprobación experimental del método de contraste adoptado resulta:

1.º Cuando los cilindros de plomo de diferentes dimensiones se someten, en dinamómetros iguales, al mismo choque, las energías deducidas de los aplastamientos observados, no representan el mismo número de piés-libras. En todos los casos, al cilindro menor corresponde mayor indicación.

2.º Discrepancias iguales se observan respecto á los dinamómetros de diferente magnitud; á mayor area mayor aplastamiento.

3.º Cuando se hace uso de mezclas explosivas, estas discrepancias son mayores que cuando se emplean explosivos que constituyen un cuerpo definido.

Estos resultados provienen del tiempo durante el que la fuerza media actúa sobre los cilindros de plomo, que es relativamente grande con las mezclas explosivas, mas corto con los compuestos y el menor de todos con el péndulo. A medida que el cilindro de plomo tiene menor resistencia y la superficie del piston es mayor, la diferencia de tiempo ocasiona mayor diferencia en los resultados: por esta razon es conveniente tomar como indicaciones normales las de los cilindros de plomo y dinamómetros en los que sean menores la influencia del tiempo, el cilindro de 0,75 de diámetro y el dinamómetro número 1.

Para pasar de las indicaciones de los distintos cilindros de plomo usados con el dinamómetro número 1 á las del de 0,75

de diámetro, se vió la necesidad de multiplicar las indicaciones tabulares por los siguientes números:

	<u>Compuestos explosivos.</u>				<u>Mezclas explosivas.</u>			
Cilindro	0,75.	.	.	1'000.	.	.	1'000	
	0,60.	.	.	0'786.	.	.	0'620	
	0,50.	.	.	0'670.	.	.	0'411	
	0,40.	.	.	0'752.	.	.	0'278	
	0,30.	.	.	0'647.	.	.	0'195	

Y para reducir los resultados tabulares de los diferentes dinamómetros á los del número 1, por las que á continuación se expresan:

	<u>Compuestos explosivos.</u>				<u>Mezclas explosivas.</u>			
Dinamómetro n.º 1	.	.	1'000	.	.	1'000		
» 2	.	.	0'6034	.	.	0'1567		
» 3	.	.	0'4712	.	.	0'0600		

MODO DE COLOCAR LOS DINAMÓMETROS.

La experiencia demostró que para que los resultados dinamométricos sean dignos de confianza, es preciso que los dinamómetros estén fijos en sus posiciones. Para conseguirlo, se hizo uso de anillos de hierro de 3, 4, 5 y 8 piés de diámetro. A estos anillos se fijaban los dinamómetros y en el centro, la carga de sustancia explosiva.

Estos anillos, con los dinamómetros fijos en él, sólo sirven para medir la energía desarrollada por una explosión en puntos próximos al torpedo; pero para estudiar de un

modo completo el fenómeno de las explosiones submarinas, hay necesidad de obtener indicaciones en puntos situados á considerable distancia del torpedo. Para ello, se empleó un segundo aparato, que consiste en un paralelepípedo de las siguientes dimensiones, formado de marcos de hierro forjado.

Longitud	50 piés.
Latitud.	10 »
Grueso.	10 »

ESTABLECIMIENTO DE LA FÓRMULA DE PRESIONES PARA MEZCLAS EXPLOSIVAS.

Sea W la parte, que se utiliza, de la energía desarrollada por una explosión submarina, expresada en piés-libras por pulgada cuadrada.

En los compuestos explosivos en que el tiempo necesario para la reacción es pequeño, se aprovecha toda la sustancia, y puede suponerse sin error, que W es proporcional á la carga. En las mezclas explosivas, una parte cae en el agua sin quemar, á no ser que la envuelta del torpedo sea tan resistente, lo que jamás sucede en la práctica, que requiera la completa tensión de los gases para romperse. Una función de la carga, cuya forma más sencilla es Cx , debe aparecer en el numerador de la expresión general de W .

En un líquido incompresible, la energía total trasmitida de molécula á molécula, es la misma sobre cualquiera superficie esférica, en cuyo centro esté la sustancia explosiva. En otras palabras; la energía en un punto cualquiera es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de este punto al centro de la carga; pero siendo el agua ligera-

mente compresible, no puede admitirse que la energía varíe según la ley mencionada.

Por otra parte, una fórmula establecida en la suposición de que la energía varía solamente en sentido inverso de una potencia de la distancia, indicaría á cero una energía infinita. Por estas razones, la función que representa la distancia, en el caso más general, debe afectar la forma $(D+A)^q$ en que D representa la distancia, A una pequeña constante y q un número próximamente igual á 2. Esta función entra en el denominador de la fórmula de W .

Aumentando la inmersión de la carga, mayor cantidad de energía, se lanza en el seno del agua por emplearse menor cantidad en proyección exterior. Una función de la forma S^y debe aparecer por consiguiente en el numerador del valor de W .

Llamando R al radio de la esfera igual en volumen al ocupado por la cantidad de explosivo que debe detonar bajo la influencia de una espoleta, se vé, que cuando $R=0$, C puede ser sólo cero, y creciendo R , se aumenta el tiempo de la reacción y puede dar lugar á que mayor proporción de pólvora quede sin quemar. Por estas consideraciones una función de la forma R^z debe entrar en el denominador de W . (1)

Representando por α el ángulo que forma la parte inferior de la vertical que pasa por el centro de la carga con la línea tirada desde dicho centro al punto que se considere, y recordando que la dirección de la línea de menor resistencia es la de la parte superior de la vertical, se comprende

(1) 1 libra de pólvora ocupa 30 pulgadas cúbicas, y suponiendo que se empleen C libras y N espoletas

$$R = \sqrt[3]{\frac{3.30 C}{4 \pi N}}$$

que W crece con α , y como para $\alpha=0$, W no es cero, una función de la forma $(\alpha+E)^t$ debe aparecer en el numerador de W .

De las consideraciones precedentes resulta, que llamando K á una constante dependiente de la naturaleza del explosivo, W puede expresarse por la siguiente fórmula:

$$(5) \quad W = \frac{K. (\alpha+E)^t S^y C^x}{(D+A)^q R^z}$$

Para obtener el valor de la presión, es preciso, como se ha dicho, dividir W por la profundidad del corte, producido en el disco de cobre del aparato Rodman, por choques del péndulo de la misma energía kinética W ; profundidad cuyo valor es

$$p = 0,002156 W^{\frac{1}{3}}$$

en la que W representa la energía por 0,1 de pulgada cuadrada (1) y como el valor de la fórmula (5) indica energía por unidad de superficie, tendremos que la presión por 0,1 de la misma unidad, estará representada por

$$\frac{P}{10} = \frac{0,1 W}{0,002156 (0,1 W)^{\frac{1}{3}}} = \frac{(0,1 W)^{\frac{2}{3}}}{0,002156}$$

de donde (6)
$$P = \frac{(0,1 W)^{\frac{2}{3}}}{0,0002156}$$

(1) La superficie del pistón del dinamómetro que se ha escogido como tipo es 0,1 pulgada cuadrada.

Para determinar los valores de las constantes de la fórmula (5) se hizo una serie de experiencias con los aparatos mencionados y con los principales explosivos, dividiendo éstos en dos grupos según su constitución químicas; en mezclas y compuestos explosivos.

MEZCLAS EXPLOSIVAS.

Convencido el General Abbot desde el principio de sus trabajos de que el mejor explosivo para el servicio de los torpedos debía hallarse entre los compuestos, el estudio de las mezclas se emprendió solo con el objeto de esclarecer ciertos rasgos peculiares de dicha clase, y no se investigó minuciosamente la función de la distancia, que ofrece muchas dificultades cuando se emplean grandes cargas. Por esta razón, las experiencias se practicaron solo con los anillos de hierro de 3, 4 y 5 pies de diámetro, dando para D un valor variable de 1,12 á 2,12 pies. El exponente de dicha función se supuso igual á 2, valor que para dicha distancia, y según el principio general de la conservación de la energía, debe aproximarse al verdadero.

El estudio de la función $(x+E)^t$ se simplificó por una colocación simétrica de los dinamómetros, que permitió tomando el promedio de las indicaciones de dichos instrumentos, considerar la referida función como la unidad. La distribución de los dinamómetros en el anillo era; dos en el plano horizontal de la carga, dos en los ángulos de 60° en la parte superior y otros dos en iguales ángulos de la parte inferior. Las indicaciones de la fórmula se refieren por consiguiente al plano horizontal.

Un minucioso estudio por medios gráficos, hizo ver que

A debía diferenciarse poco de la unidad y se tomó dicho valor para la expresada constante.

La fórmula general (5) puede ponerse por consiguiente bajo la forma:

$$\log.W + 2 \log.(D + 1) = \log.K + y \log S. + x \log C - z \log.R.$$

Se hicieron 65 disparos con pólvora de mortero (*mortar powder*) cuyas cargas variaron de 25 libras á 300, la inmersión de 6 á 68 piés y R de 3 á 11 pulgadas. La sustitución de los datos de cada explosión en la ecuación que se acaba de obtener, produce 65 ecuaciones, de las que por el método de mínimos cuadrados, se deducen cuatro que dan los valores buscados:

$$K=0.025$$

$$y=0.026$$

$$x=1.934$$

$$z=0.460$$

Sustituyéndolos en la ecuación (5) se tiene:

$$(7) \quad W = \frac{0.025 S^{0.026} C^{1.934}}{(D+1)^2 \cdot R^{0.46}}$$

é introduciendo este valor en la ecuación (6) y modificando ligeramente los valores de las constantes, se obtiene

$$(8) \quad P = \left(\frac{790 S^{\frac{1}{40}} C^{1.94}}{(D+1)^2 \sqrt{R}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

valor de la presión media en el plano horizontal que pasa por el centro de la carga.

Para estudiar las variaciones de la presión por los distintos ángulos que puede formar con la vertical la línea trazada desde el centro de la carga al punto que se considere, se recurrió á las indicaciones de cada uno de los dinamómetros colocados en el anillo de hierro del modo como queda dicho; es decir, los números 1 y 2 en ángulos de 60° en la parte superior de la horizontal, los 5 y 6 en los de la misma magnitud en la parte inferior, y los 3 y 4 en el plano horizontal de la carga. Dicho estudio probó, que con las mezclas explosivas, cuando se toma el promedio de muchas observaciones, no se nota en las distintas direcciones, variación apreciable en la presión inicial; pero este hecho no se verifica al considerar una sola explosión, que generalmente presenta una intensidad máxima en una dirección determinada, dirección variable de una explosión á otra. Por esta razón puede ser constante, el promedio de las presiones desarrolladas por distintas explosiones en todos los puntos situados á igual distancia del centro de explosión.

Pongamos un ejemplo para esclarecer lo que acabamos de decir. En una de las experiencias se empleó una carga de 300 libras y el anillo de 5 piés. La inmersión del torpedo era de 55 y el braceage de 108 piés. Se dió fuego á la carga con nueve espoletas bien distribuidas en la masa. Los números siguientes, colocados próximamente en la posición relativa, figurando el papel el plano vertical del anillo, representan las presiones medias observadas, en libras por pulgada cuadrada.

N.º 1	12979		25072	N.º 2
N.º 3	10118	Torpedo	16118	N.º 4
N.º 5	6863		8175	N.º 6

Evidentemente en esta experiencia la envuelta se rompió primeramente cerca del dinamómetro N.º 2, dando salida á los gases en esta direccion que se mantuvo un breve momento, despues se rompió en muchos pedazos. El dinamómetro N.º 5 acusa un mínimo bien marcado; así en las mezclas explosivas, la dirección de la línea de mayor intensidad queda determinada principalmente por el sitio en que cede la envuelta. La fórmula deducida puede considerarse independiente de la dirección.

Con objeto de comparar la pólvora de mortero con otras mezclas explosivas, se hizo una serie de experiencias. Puede suponerse que todas siguen las mismas leyes indicadas en la fórmula y por consiguiente solo es preciso determinar las constantes correspondientes á cada una. Esto se hizo calculando en cada experiencia el valor de P por la fórmula, determinando el mismo valor con los dinamómetros y dividiendo este último valor por el primero. El promedio de estas relaciones elevado á $3/2$, se multiplica por la constante 790 de la pólvora de mortero y el producto que resulta se toma como constante del explosivo particular en cuestión. De este modo se hallaron las siguientes constantes que á continuación se expresan:

Clase de pólvora.	Composición.	Constante.
Pólvora Oliver.	75 partes salitre, 10 azufre, 10 carbón y 5 turba (peat) sin carbonizar	20
Pólvora de cañón.	76 salitre, 10 azufre y 14 carbón	95
Pólvora de fusil.	» » »	1554
Pólvora de caza.	» » »	3331
Pólvora de la Compañía Oriental.	Pólvora de clorato de potasio y una especie de goma (gambier)	13383

Aunque la fórmula general no se funda de numerosas experiencias, dá resultados muy conformes con las obtenidas por observación directa y por consiguiente puede aceptarse como la mejor guía para conocer el efecto que produce la variación de alguna de las condiciones en que hace explosión una carga de la especie que nos ocupa. Así, por ejemplo, la presión relativa desarrollada por diferentes mezclas cuando hacen explosión bajo el agua, es igual á la potencia $^{2/3}$ de la relación de las constantes. Este valor para diferentes clases de pólvora de cañón, es próximamente igual al de la relación inversa del diámetro de sus granos. Esta regla práctica puede adoptarse para tener un indicio de los efectos que podrán obtenerse.

El exponente de S es muy pequeño, y esto prueba que un incremento en la presión del agua, debe producir escaso efecto en la presión desarrollada por la explosión. El valor numérico de la función correspondiente á la inmersión aumenta sólo de $1,046^{2/3}$ á $1,111^{2/3}$ cuando S varía de 6 á 68 piés. Las medidas directas están conformes con este resultado.

La resistencia de la envuelta del torpedo, es de una importancia capital cuando se hace uso de la clase de explosivos de que nos ocupamos. Este punto quedó perfectamente demostrado por las seis experiencias siguientes, en las que las cargas eran de 25 libras y las envueltas de pino, de dos pulgadas de espesor en las cinco primeras y de fundición de 1'5 pulgadas en la última. El anillo de hierro de que se hizo uso, fué el de 3 piés de diámetro.

N.º 1	Energía	1,48	Piés-libras.	Presión media	1294 lbs
N.º 2	id.	1,66	id.	id.	1346 id.
N.º 3	id.	1,42	id.	id.	1237 id.
N.º 4	id.	1,48	id.	id.	1283 id.
N.º 5	id.	1,43	id.	id.	1244 id.
<hr/>					
Promedio		1,49	id.	id.	1281 id.
<hr/>					
N.º 6	id.	12,39	id.	id.	5250 id.

Estos números patentizan la enorme pérdida que resulta de emplear barriles ó envueltas análogas para contener la carga de pólvora, destinada á hacer explosión bajo el agua.

Como en todas las experiencias que han servido para establecer la fórmula se hizo uso de envueltas de pino, solo es aplicable á las explosiones con torpedos de madera, en que no puede utilizarse una gran parte de la energía potencial del explosivo.

La gran importancia de muchos puntos de ignicion convenientemente distribuidos, se deduce de la funcion de R (raiz cúbica) que entra en la fórmula de la presión. Calculemos, por ejemplo, la presión por pulgada cuadrada que puede desarrollar una explosión de 2000 libras de pólvora de mortero, á 30 piés de inmersión sobre un buque situado á 10 piés de distancia.

Con	1 espoleta	$R=24,3$	$P=23730$ libras.
Con	2 »	$R=19,3$	$P=25630$ »
Con	4 »	$R=15$	$P=27870$ »
Con	8 »	$R=12$	$P=30015$ »
Con	20 »	$R=9$	$P=33040$ »
Con	66 »	$R=6$	$P=37820$ »
Con	535 »	$R=3$	$P=47650$ »

MODO MAS CONVENIENTE DE PROVOCAR LA EXPLOSIÓN DE LA CARGA.

Las experiencias practicadas con este objeto, han demostrado que la naturaleza de la espoleta tiene poca influencia en la fuerza explosiva, que es susceptible de desarrollar la pólvora al hacer explosión bajo del agua; 20 granos de fulminato de mercurio han producido á menudo el mismo efecto que una simple ignición.

Una explosión, es simplemente una reacción química que produce rápidamente un volumen gaseoso mucho mayor que el de la sustancia primitiva. Del grado de rapidez con que se forma dicho volumen, depende la intensidad de acción. Con las mezclas mecánicas, la reacción solo puede verificarse despues de un intervalo de tiempo más ó ménos largo, pues la reacción lleva en sí la traslación de los átomos desde distancias relativamente grandes. Con los compuestos explosivos, los átomos están ya en posición, por decirlo así, y el cambio atómico no envuelve la traslación de que acabamos de hablar. Por esta razón es mas fácil obtener la detonación de los compuestos que la de las mezclas explosivas.

MM. Roux y Sarrau creen que puede obtenerse la detonación de la pólvora de fusil, empleando una carga iniciadora de nitroglicerina y fulminato de mercurio. En estas condiciones desarrolla, segun dichos autores, una fuerza explosiva superior á cuatro veces la usual. En sus experiencias las cargas fueron de 1'15 y 1'35 gramos de pólvora de fusil, y respectivamente 0'6 y 0'25 gramos de nitroglicerina y 0'2 y 0'3 de fulminato de mercurio.

Los detonadores eran considerablemente mas poderosos que las cargas.

Con objeto de investigar si en las explosiones submarinas en que se pierde una fracción importante de la energía potencial de la carga, podria utilizarse mayor cantidad, empleando un detonador de nitroglicerina ó algodón pólvora, se hicieron algunas experiencias para esclarecer este punto, que consistieron en 6 explosiones en el anillo de 3 piés de diámetro; cada carga era de 48 libras de pólvora de fusil en una envuelta de hoja de lata, y la inmersión de 33 piés. En las dos primeras, el detonador, colocado en el centro de la carga consistia en 4 onzas de dinamita y una espoleta de 20 granos de fulminato de mercurio; en las dos siguientes, el detonador colocado del mismo modo, se componía de 4 onzas de algodón pólvora seco y comprimido y de una espoleta igual á la anterior, en las otras dos, hechas para que sirvieran de término de comparación, se provocó la explosión simplemente con la espoleta de 20 granos de fulminato. Se hicieron tambien dos explosiones adicionales, en las mismas condiciones, para medir el trabajo debido á la carga iniciadora de dinamita.

El siguiente cuadro manifiesta los resultados obtenidos:

N.º de las explosns	Pólvora de fusil.	Detonador.	Distancia	Promedio de 6 dinamómetros	Presión por pulgada cuad. ^a
1	48 libras.	4 onzas dta.	1'12 piés	7174 lbs	7475
2	id.	id.	id.	7776	
3	id.	4 id. algn p. ^a	id.	9528	9820
4	id.	id.	id.	10111	
5	id.	Espoleta.	id.	5364	5481
6	id.	id.	id.	5598	
7	Ninguna.	4 onzas dta.	id.	5053	5105
8	id.	id.	id.	5158	

Esta tabla demuestra que el incremento que ha experimentado la presión, ni siquiera es igual á la desarrollada por el detonador.

CÁMARA DE AIRE DENTRO DEL TORPEDO.

Se practicaron experiencias con objeto de examinar si era ó no conveniente disponer una cámara de aire dentro del torpedo, que dando dirección á los gases producidos por la explosión, determinara la de la mayor intensidad de la presión. Los resultados probaron que una cámara de aire de igual volúmen que el de la carga, es muy ventajosa.

COMPUESTOS EXPLOSIVOS.

La fórmula general de la energía, determinada por las consideraciones expuestas, es:

$$W = \frac{K. (\alpha + E)^t S_y C_x}{(D + A)^q R^z}$$

Colocando la carga simétricamente respecto á los dinamómetros, puede conseguirse que el promedio de sus indicaciones, sea sensiblemente independiente de las variaciones de dirección de la fuerza y por consiguiente el factor $(\alpha + E)^t$ de la fórmula general, puede suponerse igual á 1, sin perjuicio de tomarlo más tarde en consideración. Dicha hipótesis reduce la aplicación de la fórmula al plano horizontal que contiene la carga.

En las experiencias con los compuestos explosivos sólo se usaron espoletas detonantes con carga suficiente para asegurar la explosión de primer orden de la carga. Con esta precaución, la fórmula es independiente de R y el esponente x de la carga es igual á la unidad.

Escrupulosas experiencias hicieron ver que la energía permanecía la misma, aun en el caso de sufrir la inmersión S variaciones de 6 á 100 piés; por esta razón el esponente de S debe ser tan pequeño, que prácticamente puede considerarse á dicha función como igual á 1.

La fórmula general para los compuestos explosivos, que representa la energía desarrollada por la explosión en el plano horizontal de la carga, queda reducida á

$$(9) \quad W = \frac{K \cdot C}{(D + A)^q}$$

en la que K es una constante, que depende del explosivo empleado, q un número próximamente igual á 2 y que tendría exactamente dicho valor si la compresibilidad del agua no produjese pérdida de energía y A otra constante que depende de la desarrollada en el centro de la carga.

El General Abbot dedujo de numerosas experiencias con *dinamita*, los siguientes valores para las constantes:

$$K=58$$

$$A=0.01$$

$$x=2.1$$

que introducidos en la fórmula, dan:

$$(10) \quad W = \frac{58 C}{(D + 0.01)^{2.1}}$$

y sustituyendo este valor en la ecuación (6)

$$P = \frac{(0,1 W)^{\frac{2}{3}}}{0,0002156}$$

se tiene

$$(11) \quad P = \left(\frac{1832000 \cdot C}{(D + 0,01)^{2,1}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Comparando la expresión de W con la de P , resulta que mientras que la energía es proporcional á la carga y casi inversamente proporcional al cuadrado de la distancia, la presión varía directamente con la potencia $2/3$ de la primera é inversamente con la 1,4 de la segunda.

Hasta ahora sólo se ha tomado en consideración el promedio de las indicaciones de los dinamómetros colocados á la misma distancia, y como estos estaban simétricamente dispuestos respecto al plano horizontal del centro de la carga, puede admitirse que dicho promedio corresponde á las energías y presiones en dicho plano. Examinemos ahora el caso de que la línea tirada desde el punto que se considere al centro del torpedo, forme con la vertical un ángulo distinto de 90° ; para ello, se suspendieron los anillos de modo que α fuese de 30° para los dinamómetros 5 y 6; 90° para los números 3 y 4, y 150° para los números 1 y 2. Se hicieron ocho disparos en el anillo de 3 piés, 82 en el de 4 y 22 en el de 5. Se empleó también el paralelepípedo de que hemos hablado anteriormente, poniendo en todos los casos horizontal su eje mayor, menos en dos que estaba inclinado 25° .

La cantidad K de la ecuación, constante cuando se concreta al plano horizontal que contiene la carga, es una fun-

ción de la forma $K=m(\alpha+E)^t$ cuando la cantidad α varía.

El estudio de los resultados de las explosiones mencionadas, demostró que t es igual á 1 y por consiguiente

$$K=m(\alpha+E)$$

Combinando esta ecuación con la (9), resulta:

$$m\alpha + mE = \frac{W(D+0.01)^{2.1}}{C}$$

Para obtener los valores mas probables de las constantes m y E , se aplicó el método de mínimos cuadrados á los resultados obtenidos en los anillos y paralelepípedos.

En la siguiente tabla se consignan los promedios de los valores numéricos del segundo miembro de la ecuación, correspondientes á distintos ángulos:

$\alpha=30^\circ$	segundo	miembro	de la	ecuación	=44,29
$\alpha=51^\circ$	»	»	»	»	=49,02
$\alpha=78^\circ$	»	»	»	»	=51,02
$\alpha=90^\circ$	»	»	»	»	=52,79
$\alpha=102^\circ$	»	»	»	»	=55,66
$\alpha=129^\circ$	»	»	»	»	=63,81
$\alpha=150^\circ$	»	»	»	»	=71,31

De estos valores se deducen siete ecuaciones de condición, de las que se obtienen las siguientes ecuaciones normales:

$$\begin{aligned} 67230 m + 630 m E - 37159 &= 0 \\ 630 m + 7 m E - 388 &= 0 \end{aligned}$$

de donde

$$\begin{aligned} m &= 0,21 \\ mE &= 36,3 \end{aligned}$$

Puede obtenerse un valor de mE más exacto, por fundarse en mayor número de experiencias, tomando en consideración el valor de la constante $K=58$ correspondiente á la fórmula para el plano horizontal, es decir, para $\alpha=90^\circ$, así:

$$0,21 \times 90 + 0,21 E = 58$$

de donde

$$0,21 E = 39,1 \quad E = 186$$

por consiguiente:

$$K = 0,21 (\alpha + 186)$$

sustituyendo este valor de K en la ecuación (9) se obtiene:

$$W = \frac{0,21 (\alpha + 186) C}{(D + 0,01)^{2,1}}$$

y por la ecuación (6)

$$(12) \quad P = \left(\frac{6636 (\alpha + 186) C}{(D + 0,01)^{2,1}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Los resultados obtenidos por esta fórmula son de una gran concordancia con los de la observación directa.

Al estudiar las mezclas explosivas, se dijo que la dirección de la línea de mayor extensidad depende principalmente del sitio por donde se rompe la envuelta. En los compuestos explosivos, esta tendencia no se manifiesta, como lo comprueban las indicaciones de los diferentes dinamómetros. Sin embargo algunas veces sucede lo mismo que á

las mezclas explosivas. En una de las explosiones con 5 libras de dinamita, la línea de mayor intensidad no fué vertical, se inclinó hacia la derecha del paralelepípedo. Ochenta dinamómetros diferentes demostraron, que si dos buques hubiesen estado á igual distancia, á uno y otro lado de la vertical de la carga, el choque que uno de ellos hubiera recibido, habria sido doble del que el otro hubiera tenido que soportar. Este efecto es anómalo y sucede raras veces con los compuestos explosivos; pero es conveniente consignar, la posibilidad de que se verifique.

Con objeto de comparar los efectos de la *dinamita* en las explosiones submarinas, con los de los otros compuestos explosivos, se efectuaron explosiones con algodón pólvora, dualina, nitroglicerina, pólvora Designolle, pólvora Brugère, gelatina explosiva y con algunos otros.

Como puede suponerse que todos estos explosivos siguen las leyes indicadas en la ecuación (9), para obtener la fórmula de presiones correspondiente á cada uno, basta encontrar los valores numéricos de K.

ALGODON PÓLVORA.

Se hizo uso del algodón pólvora comprimido seco, del húmedo al 25 o/o de agua y del granulado también húmedo.

Lo primero que se investigó fué de si habia necesidad de tres fórmulas distintas para representar las presiones, ó de si era suficiente una sola. Los resultados obtenidos y que expresamos á continuación, resuelven el problema á favor de lo último.

La carga empleada en las experiencias, fué de 5 libras netas, la carga iniciadora 1 libra, el braceage 75 y la inmersión 34 piés. Se hizo uso del anillo de 4 piés de diámetro.

ALGODÓN PÓLVORA COMPRIMIDO, SECO.		ALGODÓN PÓLVORA COMPRIMIDO HÚMEDO.		ALGODÓN PÓLVORA GRANULADO.	
Número de orden.	Presión observada.	Número de orden.	Presión observada.	Número de orden.	Presión observada.
	Libras.		Libras.		Libras.
1	18826	7	18453	12	19040
2	19618	8	17864	13	18506
3	18727	9	18374	14	18873
4	19662	10	18519	15	16807
5	17471	11	18564	16	18950
6	18867	»	»	»	»
Promedio	18862		18355		18435

Esta tabla demuestra que no hay diferencias sensibles entre las presiones desarrolladas por las tres clases de algodón pólvora á que se refiere. La adición de agua produce, al parecer, una pequeña pérdida; próximamente la de un 2 0/o.

Puede suponerse que en todos los compuestos explosivos, los valores de A y de q permanecen iguales á los hallados para la dinamita; por consiguiente:

$$W = \frac{K \cdot C}{(D + 0.01)^{2.1}}$$

de donde

$$K = \frac{W \cdot (D + 0.01)^{2.1}}{C}$$

El valor numérico de K se calculó por esta fórmula en cada experiencia, y el promedio se adoptó como el verdadero.

Los resultados fueron los siguientes:

Alg. ⁿ pólv. ^a comp. ^o seco. Promedio de 12 explo. ^s							K=48,63	
Id.	id.	id.	húmedo	id.	id.	5	id.	K=45,61
Id.	id.	granld. ^o	id.	id.	id.	12	id.	K=47,60
							—	— — — —
Promedio de 29							id.	K=47,28

por consiguiente

$$(13) \quad W = \frac{47,28 \ C}{(D + 0,01)^{2,1}}$$

y sustituyendo en la ecuación (6)

$$(14) \quad P = \left(\frac{1493000 \ C}{(D + 0,01)^{2,1}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

La expresión general de la función angular, es como se ha dicho

$$K = m(\alpha + E)$$

Para hallar los valores de m y E, podría seguirse el método explicado al hablar de la dinamita; pero siendo de suponer que m conserve el mismo valor para todos los compuestos explosivos, y como con el algodón pólvora no se hizo un número de explosiones tan considerable como con la dinamita, pareció mas conveniente, adoptar el valor hallado, deducido de muchas experiencias, que hacerlo exclusivamente depender, de un corto número de disparos. Así

$$K = 47,28 = 0,21(\alpha + E)$$

de donde

$$E=135$$

sustituyendo en la ecuación (9) se obtiene

$$W = \frac{0.21(\alpha + 135)C}{(D + 0.01)^{2.1}}$$

y por la ecuación (6)

$$(15) \quad P = \left(\frac{6636(\alpha + 135)C}{(D + 0.01)^{2.1}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Los resultados que dá esta fórmula concuerdan con los de la observación directa, como puede verse por el siguiente cuadro:

Carga.	$\alpha=150^\circ$		$\alpha=90^\circ$		$\alpha=30^\circ$		Dis- tancia.
	Presión observada.	Presión calculada.	Presión observada.	Presión calculada.	Presión observada.	Presión calculada.	
Libras.	Libras.	Libras.	Libras.	Libras.	Libras.	Libras.	
1	6625	7718	5445	6593	6500	5360	1,62
1,6	13111	11157	10157	9019	7958	7333	»
2	11807	12250	12186	10465	10031	8510	»
2,4	13112	13825	11224	11815	9405	9610	»
3	16408	16053	14534	13713	13533	11153	»
3,2	13692	16753	13690	14316	11375	11637	»
4	18447	19445	16441	16613	12941	13510	»
5	19208	22560	19800	19285	16641	15680	»

FÓRMULAS PARA DISTINTOS EXPLOSIVOS.

Siguiendo el método que acabamos de explicar para el algodón pólvora, se hallaron las fórmulas de presiones para los siguientes explosivos:

DUALINA (104.)

$$W = \frac{67.7 C}{(D + 0.01)^{2.1}}$$

$$P = \left(\frac{2137000 C}{(D + 0.01)^{2.1}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$E = 232$$

$$P = \left(\frac{6636(x + 232)C}{(D + 0.01)^{2.1}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

LITOFRACTOR (115.)

En el número citado dijimos que los fabricantes tienen en secreto la composición de dicho explosivo. Mr. T. S. Beach introdujo en los Estados Unidos una modificación del mismo, que según su patente se compone:

Nitroglicerina.	40
Nitrato de potasio ó sódio . . .	40
Celulosa.	13
Parafina.	7
	<hr/>
	100

El General Abbot practicó las experiencias con el explosivo de Mr. Beach, y con otras dos muestras que él mismo proporcionó y que contenían respectivamente 20 y 60 % de nitroglicerina.

Para 20 % de nitroglicerina, se halló	K=40,06	E=101
Para 40 % de id.	id.	K=52,56 E=160
Para 60 % de id.	id.	K=53,78 E=166

Para 20 % de nitroglicerina

$$P = \left(\frac{6636(x + 101)C}{(D + 0,01)^{2,1}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Para 40 % de id.

$$P = \left(\frac{6636(x + 160)C}{(D + 0,01)^{2,1}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Para 60 % de id.

$$P = \left(\frac{6636(x + 166)C}{(D + 0,01)^{2,1}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

NITROGLICERINA

$$K=42,20 \quad E=111 \quad P = \left(\frac{6636(x + 111)C}{(D + 0,01)^{2,1}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

POLVORA DESIGNOLLE (80.)

$$K=32,50 \quad E=65 \quad P=\left(\frac{6636 (\alpha+65) C}{(D+0,01)^{2,1}}\right)^{\frac{2}{3}}$$

PÓLVORA BRUGÈRE (81.)

$$K=41,42 \quad E=110 \quad P=\left(\frac{6636 (\alpha+110) C}{(D+0,01)^{2,1}}\right)^{\frac{2}{3}}$$

GELATINA EXPLOSIVA.

$$K=73,2 \quad E=259 \quad P=\left(\frac{6636 (\alpha+259) C}{(D+0,01)^{2,1}}\right)^{\frac{2}{3}}$$

La gelatina explosiva sometida á las experiencias se componia de

Nitroglicerina	89
Algodón pólvora.	7
Alcanfor	4

Se recibió á mitad del invierno y permaneció helada en el almacén hasta el mes de Abril. En este estado una espoleta de 24 gramos de fulminato de mercurio no produjo la detonación y lo mismo sucedió empleando tres espoletas en contacto á las que se dió fuego simultáneamente.

Colocadas algunas cargas de la sustancia en una plancha de zinc y expuestas durante seis horas al calor solar, marcando el termómetro en la sombra 32° C, se reblandeció hasta aplastarse por su propio peso, sin presentar en general señales de exudación de nitroglicerina. En este estado pudo obtenerse la detonación con una espoleta de 24 gra-

mos de fulminato de mercurio, lo que indica un aumento grande de sensibilidad.

Solo en un caso hubo exudación de nitroglicerina, unas seis gotas aparecieron libres debajo de un cartucho y recogidas en un papel y sometido éste en un yunque al choque de un martillo, se produjo la detonación.

Hemos dicho que una espoleta de 24 granos de fulminato de mercurio, produjo la explosión de la gelatina no helada, pero con dicho detonador no se obtiene el efecto máximo que puede desarrollar la sustancia. En efecto, representando por 1 la presión desarrollada por la gelatina cuando se provoca la detonación por medio de 3 onzas de dinamita ó algodón pólvora, la producida, empleando la expresada cantidad de fulminato, varía de 0,2 y 0,9.

Esto confirma lo que diferentes veces hemos manifestado; es decir, la posibilidad de diferentes órdenes de explosión caracterizadas por el tiempo y tal vez por diferentes reacciones químicas.

DISCUSIÓN DE LAS FÓRMULAS.

El estudio que se acaba de hacer, demostró que la energía de los distintos compuestos explosivos, al hacer explosión bajo el agua y la presión media que desarrollan sobre cuerpos expuestos á su influencia, pueden expresarse por dos fórmulas generales:

$$W = \frac{0,21(x + E) C}{(D + 0,01)^{2,1}} \quad P = \left(\frac{6636(x + E) C}{(D + 0,01)^{2,1}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Para particularizarlas solo hay que sustituir en vez de E el valor propio del explosivo que se considere.

De dichas fórmulas se deduce:

1.º Que la energía que desarrolla el explosivo, es directamente proporcional á la carga y casi inversamente proporcional al cuadrado de la distancia, mientras que la presión media es proporcional á la potencia $\frac{2}{3}$ de la primera é inversamente á la potencia 1,4 de la segunda.

2.º El hecho de no entrar en las fórmulas función alguna que representa la inmersión, prueba que un torpedo flotante está suficientemente sumergido, siempre que esté debajo del blindaje del buque.

3.º El gran incremento que experimenta P al variar la dirección de la línea desde la carga al buque, en un plano vertical, demuestra la gran ventaja de que quede la primera debajo del segundo.

4.º El exponente de C ($\frac{2}{3}$ solamente) en el valor de P hace ver que con un peso dado de explosivo, se cierra mejor un canal con muchas cargas moderadas, que con un corto número de grandes. Un torpedo de 500 libras solo equivale á 2,9 veces una de 100.

5.ª Las fórmulas halladas permiten encontrar la relación entre las presiones que dos explosivos pueden desarrollar; llamando P' y E' , P'' y E'' los valores numéricos de estas cantidades para dos explosivos dados se tiene

$$P' : P'' :: \frac{6636(\alpha + E')C^{\frac{2}{3}}}{(D + 0,01)^{2,1}} : \left(\frac{6636(\alpha + E'')C^{\frac{2}{3}}}{(D + 0,01)^{2,1}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

de donde

$$P' = P'' \left(\frac{\alpha + E'}{\alpha + E''} \right)^{\frac{2}{3}}$$

PRESIÓN RELATIVA DE LOS COMPUESTOS EXPLOSIVOS.

EXPLOSIVO.	Tanto p ^o / _o de ni- trogli- cerin ^a	E.	$\alpha=0$	$\alpha=90^{\circ}$	$\alpha=180$	Ob- servaciones
Dinamita n.º 1	75	186	100	100	100	
Algodón pólv. ^a	»	135	81	87	91	
Dualina.	»	232	116	111	108	La dinamita n.º 1 se toma como término de comparación.
Litofractor.	20	101	67	78	84	
Id.	40	160	91	94	95	
Id.	60	166	93	95	96	
Nitroglicerina.	100	111	71	81	86	
Designolle.	0	65	50	68	77	
Brugère.	0	110	71	81	86	
Gelatina expva	89	259	125	117	113	

De esta tabla se deduce, que la presión desarrollada por la nitroglicerina, está representada por 81 centésimas de la presión de la dinamita. Este hecho llama la atención, pues sorprende que 1 libra de nitroglicerina produzca una presión que sea 81 por 100 de la que desarrolla $\frac{3}{4}$ de libra de la misma sustancia mezcladas con una sustancia inerte, que para nada interviene en la reacción.

Para quitar toda duda sobre este hecho importante y no atribuirlo á diferencias que pudiera haber entre la nitroglicerina empleada y la que constituia la dinamita, se fabricó cierta cantidad de esta última sustancia, con nitroglicerina proporcionada por el General Abbot, pesando él mismo los ingredientes que habían de constituir la. Con dicha dinamita y con nitroglicerina idéntica á la empleada en su fabricación, se practicaron las siguientes experiencias, obteniéndose los resultados que se consignan en el siguiente cuadro:

NITROGLICERINA			DINAMITA NUMERO 1 CON LA MISMA NITROGLICERINA.		
Carga.	Distancia de los dinamómetros	Presión media.	Carga.	Distancia de los dinamómetros	Presión media.
Libras.	Piés.	Libras.	Libras.	Piés.	Libras.
1	1,62	7244	1	1,62	7168
2	1,62	10197	2	1,62	14265
2	1,62	9155	3	1,62	17366
3	1,62	13548	4	1,62	18487
4	1,62	14785	5	1,62	23168
5	1,62	22263			
Promedio		13503	Promedio		16091

La relación entre dichos promedios es $\frac{13503}{16091} = 0,85$.

La relación hallada según el cuadro de presiones relativas, es 0,81. La experiencia que acabamos de mencionar demuestra hasta la evidencia, que la calidad de la nitroglicerina, no interviene en el hecho extraordinario que se considera. La explicación del fenómeno debe hallarse tal vez en el tiempo de acción de las dos sustancias, mayor con la dinamita que con la nitroglicerina, pues el calor absorbido por

la base, se restituye á los gases y produce el sostenimiento de la presión. El General Abbot considera esta explicación como la mejor, para darse cuenta de este hecho nuevo, perfectamente establecido por sus experiencias.

CÁMARA DE AIRE EN EL TORPEDO.

Se hicieron algunas explosiones para determinar hasta qué límite puede aumentarse el volumen de una cámara de aire en los torpedos, sin disminuir la presión que la carga puede desarrollar en un punto dado.

Los resultados permiten afirmar que una cámara de aire que no exceda de tres veces el volumen de la carga, no produce efecto nocivo; una cámara mayor, de cinco veces el volumen de la carga, produce ya una disminución marcada en la intensidad de acción. De modo que el límite buscado, está entre 3 y 5 veces el volumen de la carga.

Los torpedos flotantes, generalmente tienen una cámara de aire, cuyo volumen es dos ó tres veces el ocupado por la carga.

Se hizo también un corto número de experiencias para averiguar si la cámara de aire, puede ejercer alguna influencia en la dirección de la mayor intensidad de acción como sucede en las mezclas explosivas. Los resultados fueron negativos. La rapidez con que se generan los gases, impide que la cámara de aire sea susceptible de darles dirección.

INFLUENCIA DE LA CLASE DE MATERIA COMPRENDIDA ENTRE LA CARGA Y EL AGUA.

Hemos dicho que una cámara de aire, comprendida entre

ciertos límites, colocada entre la carga y la envuelta del torpedo, no disminuye la presión que puede desarrollar una explosión submarina; pero no se deduce de esto, que los gases obren sobre el agua con la misma energía kinética cualquiera que sea la sustancia que se interponga. Parte de la energía desarrollada por la carga se consume en aplastar dicha sustancia y el agua solo trasmite la diferencia entre la total y la absorbida.

La experiencia confirma este raciocinio y hace ver que la pérdida de energía es grande, si se interpone entre la carga y el agua, una materia blanda, como la madera, y de mucho espesor.

Las experiencias consistieron en 32 explosiones con algodón pólvora, 10 con dualina y 8 con dinamita al 75 por 100: algunas explosiones se verificaron en envueltas de madera de 1 pulgada de espesor, otras en envueltas de la misma sustancia de 2 pulgadas de grueso y otras en sacos de goma.

Con cada uno de los explosivos y envueltas, que se acababan de manifestar, se halló el valor de K y de E y la presión de dichas sustancias relativamente á la desarrollada por la misma al hacer explosión en envueltas de hoja de lata, representándola por 100. Los resultados fueron los siguientes:

ALGODÓN POLVORA.

Envueltas de madera de 2 pulgs. de espesor	$K=28,64$	$E=46$
Id. id. id. id. 1 id. id. id.	$K=37,55$	$E=89$
Id. de hoja de lata (valor hallado anteriormente)	$K=47,28$	$E=135$
Sacos de goma elástica.	$K=53,30$	$E=164$

PRESIÓN RELATIVA.

Envueltas de madera de 2 pulgadas de espesor.	60
Id. id. id. id. I id. id. id.	80
Id. id. hoja de lata.	100
Id. id. goma elástica.	113

DUALINA.

Envueltas de madera de 2 pulgadas de espesor:

$$K=35,83$$

$$E=81$$

Presión relativa. 53

Envueltas de hoja de lata:

$$K=67,70$$

$$E=230$$

Presión relativa. 100

DINAMITA AL 75 %

Envueltas de madera de 2 pulgadas de espesor:

$$K=32,32$$

$$E=64$$

Presión relativa. 45

Envueltas de hoja de lata:

$$K=58,00$$

$$E=186$$

Presión relativa. 100

Envueltas de goma elástica:

$$K=69,00$$

$$E=239$$

Presión relativa 119

Estos resultados hacen ver la gran influencia que ejerce

en la presión que un explosivo puede desarrollar, la materia de la envuelta que le contiene. Toda sustancia blanda, como la madera, amortigua el choque sobre el agua del mismo modo que amortigua el golpe de un martillo cuando se interpone entre este y el yunque. Las envueltas de madera sometidas á los efectos de una explosión, aparecen en la superficie, casi en forma de aserrín y esto prueba la gran cantidad de energía que ha debido consumirse.

El colocar la carga en un recipiente de hierro y este en una envuelta de madera con objeto de aumentar la fuerza ascensional, lleva en sí los inconvenientes que acabamos de mencionar. El tanto por ciento de pérdida, probablemente es mayor con pequeñas, que con grandes cargas, pero siempre es conveniente que la envuelta sea lo mas delgada posible, con objeto de aprovechar toda la intensidad de acción que puede desarrollar la carga.

PRESIÓN SUFICIENTE PARA DESTRUIR UN BUQUE DE COMBATE.

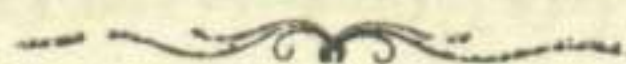
De las experiencias ejecutadas por el General Abbot y de las verificadas en diferentes naciones, que el mismo autor analiza, se deduce que una presión momentánea de 6500 libras por pulgada cuadrada, es suficiente para destruir un buque de guerra de primera clase. Adoptando este valor, puede calcularse por medio de las fórmulas halladas la carga necesaria para echar á pique á un buque á una distancia determinada ó bien la distancia á que podrá esto verificarse con un carga dada.

Las distancias horizontal ó vertical á que puede producirse este efecto, con 100 libras de dinamita, de algodón pólvora ó de gelatina, se consignan en el siguiente estado:

	CARGA.		DISTANCIA HORIZONTAL		DISTANCIA VERTICAL.	
	Libras.	Kilógramos	Piés	Metros.	Piés.	Metros.
Dinamita al 75 %.	100	45,36	16,3	4,97	18,6	5,67
Algodón pólvora..	100	45,36	14,7	4,48	17,3	5,27
Gelatina explosiva.	100	45,36	18,2	5,55	20,3	6,19
Pólvora de caza I esp. ^{ta} central	100	45,36	3,1	0,94	3,1	0,94
Dinamita al 75 %.	200	90,72	22,6	6,89	25,9	7,89
Algodón pólvora..	200	90,72	20,5	6,25	24,1	7,35
Gelatina explosiva.	200	90,72	25,3	7,71	28,2	8,59
Pólvora de caza I esp. ^{ta} central	200	90,72	6,6	2,01	6,6	2,01
Dinamita al 75 %.	500	226,80	35,0	10,67	40,0	12,19
Algodón pólvora..	500	226,80	31,7	9,66	37,3	11,37
Gelatina explosiva.	500	226,80	39,1	11,92	43,7	13,32
Pólvora de caza I esp. ^{ta} central	500	226,80	16,2	4,94	16,2	4,94

La fórmula general para hallar el rádio de acción eficaz de un torpedo, cargado con un compuesto explosivo y obrando contra un buque de guerra de primera clase, puede ponerse bajo la siguiente forma:

$$D = \frac{\sqrt[2,1]{(\alpha + E) C}}{8}$$



REGLAMENTO

PARA LA

CONSERVACIÓN DEL ALGODÓN PÓLVORA

PROPUESTO

POR LA ESCUELA DE TORPEDOS.

TÍTULO PRIMERO.

DE LAS CONDICIONES DE LOS ALMACENES Y CAJAS.

CAPÍTULO I.

Artículo 1. El algodón pólvora húmedo se conservará en almacenes ligeramente contruidos cuya capacidad no exceda de 5 toneladas métricas. En cuyo concepto y por lo que se deduce del artículo 9, las dimensiones serán:

Longitud.	. . . . .	14	metros.
Latitud.	. . . . .	7,72	»
Altura.	. . . . .	3	»
Espesor de paredes.	. . . . .	40 á 45	cm.

y la techumbre á dos aguas. Los muros largos estarán aspillerrados en forma de ángulo y en el del fondo habrá una ventana con reja á la altura conveniente.

Art.º 2. A dos metros hácia dentro de la pared del fren-

te, se levantará un tabique con objeto de formar un departamento ó ante-almacen separado del principal, para colocar en él cajones vacíos, regaderas, escobas y demás útiles de limpieza que sean necesarios para el buen orden y regularidad de las operaciones.

También se rodearán los almacenes de una cerca espaciosa cuya entrada no esté frente á la del almacén.

Art.º 3. A los almacenes se les deberá poder dar la correspondiente ventilación, á fin de que la temperatura interior sea lo más baja posible.

Art.º 4. En el interior de los almacenes, adosados á las paredes mayores, se construirán unos muros cuya altura será de 36 c/m y un ancho de 10. También se construirán pilares de la misma altura que los muros á 74,4 c/m de estos, comprendidos los espesores de ambos, cuyas bases cuadradas tengan 25 c/m de lado. Los centros de dichas bases distarán entre sí 74,4 c/m.

Art.º 5. Se construirán también seis filas de pilares iguales á los de que se habla en el artículo anterior en dirección paralela á la de los mismos. Las dos primeras distarán entre sí 74,4 c/m contados entre las caras exteriores, y la comprendida entre los centros de una misma fila, será también de 74,4 c/m. Las otras cuatro filas, dos á dos, se construirán siguiendo las mismas prescripciones. La distancia entre los pilares del artículo 4 y la 1.ª fila, la de la 2.ª y 3.ª, la de la 4.ª y 5.ª y la 6.ª y pilares del artículo 4, será de 1 metro. Los primeros y últimos pilares de las filas de cada série distarán un metro de las paredes menores del depósito.

Art.º 6. En la dirección de las séries de pilares y por los puntos medios de la distancia que los separa de las paredes, así como por los puntos medios de las séries distantes entre sí 74,4 c/m se trazarán unas pequeñas canales que desagüen en la parte exterior del edificio.

Art.º 7. A 20 metros de distancia del almacén se abrirá una fosa de un metro de diámetro y de uno de profundidad, cuyo interior se revestirá de cal hidráulica. Esta fosa tendrá una tapadera de plancha de hierro con dos cerraduras y dos llaves en los extremos de su diámetro. El empleo de esta fosa se consigna en el artículo 12.

Art.º 8. El algodón pólvora se conservará en cajas de álamo de las dimensiones siguientes:

*Cajas para discos de 178 m/m de diámetro
y 25 m/m de altura.*

	Dimensiones interiores.	Dimensiones exteriores.
Longitud.	536 m/m.	576 m/m
Latitud.	180 m/m.	220 m/m
Grueso.	200 m/m.	240 m/m

Cajas para ladrillos de 120×120×43 m/m.

Longitud.	362 m/m.	402 m/m
Latitud.	242 m/m.	282 m/m
Grueso.	172 m/m.	212 m/m

*Cajas para cilindros de 30 m/m de diámetro
y 38 m/m de altura.*

Longitud.	602 m/m.	642 m/m
Latitud.	192 m/m.	232 m/m
Grueso.	150 m/m.	190 m/m

Las tablas que formen dichas cajas se sujetarán una á otra con clavos de cobre y la tapa con tornillos del mis-

mo metal. Cada caja estará provista en uno de sus cantos de una gaza para poderla introducir y sacar fácilmente de las cajas de que trata el artículo 9.

Cada caja contendrá 24 discos ó 24 ladrillos respectivamente cuyo peso es 16,30 kilogramos seco y 20,380 húmedo al 25 %

Cada caja para cilindros contendrá 500 cuyo peso es 16 seco y 20 kilogramos húmedo al 25 %

Si el algodón pólvora afectase formas diferentes de las expresadas, las dimensiones de las cajas se regularán de modo que cada una tenga un peso aproximado á 20 kilogramos húmedo.

Art.^o 9. Cada cuatro cajas de la misma especie se introducirán de canto y con las tapas sujetas solo por dos tornillos de ambas testeras, en los ángulos de otras mayores, cuyas dimensiones (con objeto de que no haya mas que una clase de cajas grandes) son las siguientes:

	Dimensiones interiores.	Dimensiones exteriores.
Longitud. . . .	664 m/m	744 m/m
Ancho	664 m/m	744 m/m
Alto	692 m/m	772 m/m

Las tablas que formen esta caja irán encastradas unas en otras y sujetas con clavos de cobre.

En la parte superior de las mismas y á la mitad del espesor de maderas, se colocarán cuatro espigas roscadas de bronce, por las que pasarán las tapas que se sujetarán con tuercas del mismo metal. Dichas tuercas irán provistas de sus correspondientes orejetas para facilitar su manejo.

Las cajas irán forradas interiormente de zinc ó bañadas con una capa de composición hidrófuga.

En el centro de la tapa se practicará un orificio que con su tuerca de bronce recibirá su correspondiente tapon-tornillo del mismo metal. La cabeza de este será de cómodo manejo.

La parte inferior de la caja y en el centro de la misma habrá otro orificio igual al que se acaba de describir. El diámetro de dichos orificios será de 20 m/m. Cada caja irá provista de dos gazas para su manejo.

Las cajas pequeñas se sujetarán á las grandes por medio de cuñas de madera.

Art.º 10. Las cajas grandes se colocarán en los almacenes encima de los muros y pilares, ó de estos solamente, de que tratan los artículos 4 y 5, de modo que el orificio de la parte inferior venga á caer encima de la canal á que se refiere el artículo 6.

Art.º 11. Cada caja grande llevará una inscripción que exprese su contenido y la fecha de la fabricación; igual inscripción tendrá cada una de las cajas pequeñas.

CAPÍTULO II.

DEL RECONOCIMIENTO DEL ALGODÓN PÓLVORA.

Art.º 12. Cada 15 dias se destornillará el orificio de la tapa de las cajas grandes al que se aplicará una hoja de papel de tornasol humedecida con agua destilada. Si no se produce coloración roja volverá á cerrarse, se destornillará el orificio inferior y se recibirán sobre el papel de tornasol alguna gota de agua que pueda salir, si no se produce coloración se pasará al reconocimiento de la siguiente caja; pero si se produce se examinará con cuidado de cual de las cuatro cajas procede y encontrada, se reconocerá disco por

disco etc., aplicando el papel de tornasol humedecido sobre cada uno de ellos. Todas las masas que hayan producido coloración roja se separarán é introducirán en una caja que se sacará del almacén. Con dichas masas se practicará lo que dispone el art.º 13: si no se hubiera hallado la masa ó masas que producen la coloración, la caja entera se depositará en la fosa á que se refiere el art.º 7.

Art.º 13. Las masas que den trazas de acidez, se someterán á un minucioso exámen, para tratar de conocer las causas de su descomposición. Con porciones tomadas de diferentes partes del disco, ladrillo etc. se hará la prueba de alcalinidad que dará á conocer si la totalidad ó parte del carbonato de sódio que debe contener ha concurrido á la neutralización del ácido producido en la descomposición. Despues de dicho exámen y si no pueden utilizarse en alguna próxima explosión, se destruirán quemándolas ó arrojándolas al mar.

Art.º 14. Las cajas que producen reacción ácida sin que se haya descubierto qué masa de las que contiene la produce, serán objeto de un esmerado cuidado.

Se combatirá la acidez producida humedeciéndola con agua en que se haya disuelto 2 % de carbonato de sódio cristalizado.

El contenido de estas cajas se utilizará en la primera explosión que se verifique, pero no podrá trasportarse y menos entregar á algun buque.

Art.º 15. Si en los sucesivos reconocimientos de estas cajas se hallare el disco, ladrillo etc. que produce la coloración, se apartará conforme á lo dispuesto en el art.º 12 y con él se practicará lo prevenido en el 13. Lo restante de la caja se mantendrá un mes en observación y si en este tiempo no dá trazas de acidez, volverá á colocarse en su caja correspondiente en el almacén.

Art.º 16. Cada mes ó cada dos, segun aconseje la experiencia se quitarán las tapas de las cajas grandes, se sacarán las pequeñas y se reconocerán minuciosamente, después volverán á colocarse en su sitio y se llenarán de agua las grandes. Un cuarto de hora después, se abrirá el orificio inferior que volverá á taparse cuando haya salido toda el agua y enseguida se tapará la caja grande.

El agua con que se llenan las cajas grandes no debe presentar reacción ácida. Si presentase trazas de ácido debe añadirse carbonato de sódio cristalizado hasta restablecer la neutralidad.

El agua con que deben humedecerse los discos, ladrillos, etc. que presentan trazas de descomposición, ha de estar ligeramente alcalinizada por la adición de un 2 % de carbonato de sódio cristalizado, conforme se previene en el artículo 14.

Art.º 17. Si la temperatura en el interior del almacén fuese superior á 40º se llenarán las cajas grandes de agua y se conservarán llenas hasta que la temperatura haya descendido.

Art.º 18. El grado de humedad que debe contener el algodón pólvora es el 25 % del peso seco; es decir que cada 100 kg. de algodón pólvora seco debe aumentarse con 25 de agua. Se procurará que el algodón pólvora almacenado contenga constantemente la cantidad de agua normal para lo cual las manipulaciones dispuestas en el artículo 16 se aumentarán ó disminuirán en las distintas localidades, segun aconseje el detenido estudio que sobre este importante asunto debe hacerse,

TÍTULO SEGUNDO.

CAPÍTULO ÚNICO.

CONSERVACIÓN DEL ALGODÓN PÓLVORA SECO EN TIERRA.

Art.º 19. Con objeto de satisfacer con la brevedad que el servicio exija los pedidos de algodón pólvora seco, habrá constantemente en depósito 100 kg. de dicho explosivo en el referido estado.

Art.º 20. Para cumplimentar lo dispuesto en el artículo anterior cada comandante de artillería tendrá á su disposición una estufa que permita secar á la vez 25 kg. de algodón pólvora.

Art.º 21. Cada disco, ladrillo, etc. de algodón pólvora seco, se envolverá en una hoja de papel secante y cada dos con dos pequeños cilindros, se introducirán en una caja de madera bien seca, forrada exteriormente de zinc. En el momento del secado se apuntará el peso de cada disco, ladrillo etc. y esta nota con la fecha de la operación y el sello de la Comandancia se introducirá dentro de la caja.

Art.º 22. Las uniones de la caja se cubrirán con una tira de papel con goma, sobre la que se pondrá también el sello de la Comandancia.

Art.º 23. En la tapa de cada caja se anotará su contenido.

Art.º 24. Estas cajas se conservarán en un pequeño almacén ligeramente construido, bien ventilado y forrado de madera,

Art.º 25. Dicho almacén deberá estar colocado al menos á 25 m. de distancia del de algodón pólvora húmedo y por ningun concepto se colocará en él ningun explosivo.

Art.º 26. Cada seis meses ó con más frecuencia según lo aconseje la experiencia, se abrirán las cajas y se observará si las hojas de papel secante presentan alguna traza de humedad, se examinará cuidadosamente la superficie y si presentase manchas rojizas, se tomarán algunas partículas del sitio sospechoso y se echarán en un vaso lleno de agua destilada coloreada por el tornasol, si diere reacción ácida se operará conforme á lo dispuesto en el artículo 13.

Art.º 27. Reconocido el algodón pólvora volverán á cerrarse las cajas colocando nuevas tiras de papel con goma y sobre ellas el sello de la comandancia con la fecha del reconocimiento.

Art.º 28. Todos los locales estarán provistos de pararrayos, cuya barra se colocará en perchas sujetas á la cerca del depósito y á cuyo conductor se le dará tierra del modo más conveniente según la localidad.

TITULO TERCERO.

CAPÍTULO ÚNICO

CONSERVACIÓN DEL ALGODÓN PÓLVORA EN LOS BUQUES.

Art.º 29. El algodón pólvora se entregará á los buques con las formalidades prevenidas en el artículo 66 del reglamento vigente para municionar los institutos armados.

Art.º 30. En el momento de la entrega se quitarán las

tapas de las cajas grandes, se sacarán las pequeñas y reconocerán, volverán á introducirse y se llenarán las primeras de agua en cuyo estado se mantendrán un cuarto de hora, después se abrirá el orificio inferior que se cerrará cuando haya salido toda el agua. Se acuñarán convenientemente las cajas pequeñas dentro de las grandes.

Art.º 31. Las cajas de algodón pólvora se colocarán á bordo en un pañol que se construirá en la cara de proa del del Contramaestre. En dicho pañol se dispondrán las cajas de un modo análogo al referido para los almacenes, sujetándolas convenientemente con barrotes.

Art.º 32. Para la conservación del algodón pólvora á bordo se observarán escrupulosamente las prevenciones dispuestas para el de la misma sustancia en tierra.

Art.º 33. Para la entrega del algodón pólvora seco se abrirán las cajas y pesará su contenido. La cifra que representa el peso se escribirá debajo de la que representaba el de la sustancia el día que se secó, cifras que deben ser iguales ó muy poco diferentes. Esta nota la firmará el Oficial de la dotación del buque que recibe y el de Artillería que entrega.

Art.º 34. Para la conservación del algodón pólvora seco se observarán á bordo las mismas prevenciones dispuestas para la conservación en tierra.

Art.º 35. El algodón pólvora seco se conservará á bordo en taquillas colocadas en la batería, evitando aglomerar mucha cantidad de explosivo en un mismo sitio.

Art.º 36. Siempre que haya sido necesario arrojar al agua algún disco ó ladrillo etc. de algodón pólvora, por presentar señales inequívocas de descomposición, se estenderá la correspondiente acta que firmará el Oficial á cuyo cuidado está el explosivo, el Contador, el segundo Comandante y visará el Comandante del buque.

Art.º 37. Las observaciones hechas antes de echar al agua el disco descompuesto, se consignarán debidamente y firmadas por el Oficial de guerra mencionado en el artículo anterior, se remitirán al Capitán General del Departamento ó Apostadero, para que por el conducto reglamentario de ordenanza se remitan al Comandante de Artillería.

FIN.